

RECEIVED 15 JUL 2005

JP2004/000258

10/542289

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

22.4.2004

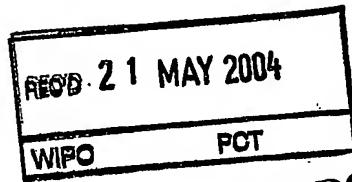
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 1月16日

出願番号  
Application Number: 特願2003-008648  
[ST. 10/C]: [JP2003-008648]

出願人  
Applicant(s): 独立行政法人 科学技術振興機構

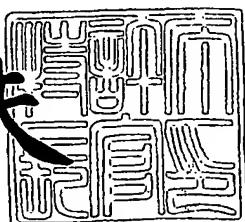


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 Y2002-P249  
【提出日】 平成15年 1月16日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H05H 1/46  
H01L 21/203

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府箕面市小野原東3-11-15-245  
【氏名】 節原 裕一

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区松月町2-45 メゾン松月20  
2  
【氏名】 庄司 多津男

## 【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市北区松ヶ枝町1-15-3  
【氏名】 釜井 正善

## 【特許出願人】

【識別番号】 396020800  
【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

## 【代理人】

【識別番号】 100080034

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0111475

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高周波電力供給装置およびプラズマ発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容量性または誘導性の負荷を 2 つ以上設けた高周波電力供給装置において、負荷に対して電力を供給するための高周波電源が、対応する負荷に近接してそれぞれ設けられていることを特徴とする高周波電力供給装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の高周波電力供給装置において、各高周波電源は、それぞれ対応する負荷に近接した高周波電力増幅器を備えていることを特徴とする高周波電力供給装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の高周波電力供給装置において、各々の負荷に供給される高周波電流の周波数をそれぞれ制御するための周波数変調制御部が、各々の負荷に取り付けられた個々の高周波電源で独立に、かつ 1 種類以上の周波数の高周波電流が 2 つ以上の負荷に同時に供給されると共に、それぞれの負荷に供給される高周波電流の周波数変調によりそれぞれの負荷に対するインピーダンス整合が図られるように設けられていることを特徴とする高周波電力供給装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 の何れか 1 項に記載の高周波電力供給装置において、各々の負荷に供給される高周波電流の位相を、それぞれ制御するための位相変調制御部が、各々の負荷に取り付けられた個々の高周波電源で独立に、かつ同位相または位相の異なる高周波電流が 2 つ以上の負荷に同時に供給されるように設けられていることを特徴とする高周波電力供給装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 の何れか 1 項に記載の高周波電力供給装置において、各々の負荷に供給される高周波電力を、それぞれ制御するための電力制御部が、各々の負荷に対応した個々の電源で独立に、かつ 1 種類以上の高周波電力が 2 つ以上の

負荷に同時に供給されるように設けられていることを特徴とする高周波電力供給装置。

#### 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 の何れか 1 項に記載の高周波電力供給装置と、上記高周波電力供給装置の負荷が高周波電力の印加によりプラズマを発生するように取り付けられた真空容器とを備えたことを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 7】

請求項 6 に記載のプラズマ発生装置において、各々の負荷に供給される高周波電流、高周波電圧、位相および負荷近傍のプラズマ生成状態の測定部を備えたことを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 8】

請求項 6 または 7 に記載のプラズマ発生装置において、各々の負荷に流れる高周波電力の信号から制御信号を生成する負帰還回路と、上記制御信号に基づく自己発振により高周波電力を供給するための制御系とを備えたことを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 9】

請求項 6 ないし 7 の何れか 1 項に記載のプラズマ発生装置において、2つ以上の負荷が互いに隣り合って取り付けられ、それら隣り合う負荷に供給される高周波電流の位相および周波数を独立に設定して、それら隣り合う負荷に発生する高周波電界によりプラズマ中の電子の受ける実効的な加速ポテンシャルを制御するプラズマ制御部が設けられていることを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 10】

請求項 6 ないし 9 の何れか 1 項に記載のプラズマ発生装置において、高周波電力の高周波電流、高周波電圧、位相および負荷近傍のプラズマ状態の逐次測定値をフィードバックし、位相変調、周波数変調、ないし振幅変調の何れかにより 2 つ以上の負荷に供給する高周波電力を独立かつ能動的に制御することによってそれぞれの負荷に対するインピーダンス整合の制御と、真空容器内のプラズマの均一性および再現性の制御とを行う制御システムが設けられ、プラズマ状態を現すモニターが設けられていることを特徴とするプラズマ発生

装置。

#### 【請求項 1 1】

プラズマを発生させるための真空容器が設けられ、  
高周波電力が印加されて誘導電界を発生させるアンテナ導体が、真空容器内に  
少なくとも 1 つ設置され、

アンテナ導体における、真空容器内部に存在する部分の周囲に、第一絶縁体が  
、プラズマとアンテナ導体との接触を遮断するように、第一空間領域を隔てて配  
置されていることを特徴とする高周波放電による誘導結合方式のプラズマ発生裝  
置。

#### 【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のプラズマ発生装置において、  
さらに、前記第一の絶縁体の周囲に、第二空間領域を隔てて第二の絶縁体が配  
置されていることを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のプラズマ発生装置において、  
前記アンテナ導体の真空容器の内壁に近接したアンテナ導入部にて、前記第一  
の絶縁体の周囲を囲む接地電極が設けられ、  
上記接地電極の周囲に、前記第二の絶縁体が、プラズマと接地電極との接触を  
抑制するように配置されていることを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載のプラズマ発生装置において、  
前記接地電極は、アンテナ導体の通電方向に対し直交する方向に上記通電方向  
に沿って交互に突出するジグザグ構造を有していることを特徴とするプラズマ發  
生装置。

#### 【請求項 1 5】

請求項 6 ないし 1 4 の何れか 1 項に記載のプラズマ発生装置において、  
真空容器内にて、アンテナ導体から放射される高周波誘導磁場強度を測定する  
センサーを設けたことを特徴とするプラズマ発生装置。

#### 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、特に大面積基板の薄膜形成処理やプラズマイオン注入法における長尺部材のイオン注入処理に適する、高周波電力供給装置およびプラズマ発生装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

高周波電力を用いた誘導結合方式のプラズマ発生装置は、高密度のプラズマを発生できることから高いスループットを実現でき、基板の薄膜形成処理やプラズマイオン注入処理に使用されるようになってきた。

## 【0003】

高周波電力を用いた誘導結合方式のプラズマ発生装置では、少なくとも1つのアンテナに印加される高周波電圧の対地振幅が大きくなると異常放電を生じ易くなると共にプラズマの電位変動が大きくなつてプラズマダメージを生じることから、アンテナに発生する高周波電圧を低減することが求められている。

## 【0004】

このため、従来では、図18に示すように、高周波電源51からの高周波電力を高周波電力伝送用分布定数線路(50Ω)52およびインピーダンス整合器53を介して、複数の負荷としてのアンテナ54に供給するようになっている。また、高周波電源51においては、発振器55からの高周波信号を複数の増幅器56でそれぞれ増幅してそれぞれ高周波電力とし、それら高周波電力を位相整合器57にて合わせて出力するようになっている。

## 【0005】

このようなアンテナ54への高周波電力の供給方式において、2つ以上のアンテナ54を用いる誘導結合方式のプラズマ発生装置では、図19に示すようにアンテナ54の各々への高周波電力を配線部58により直列ではなく並列にて供給する方式が用いられていた(特開2001-35697号公報)。

## 【0006】

これは、有限のインダクタンスを有する2つ以上のアンテナ54の各々へ高周

波電力を直列に供給した場合と並列に供給した場合を比較すると、各々のアンテナ54の端子間に発生する高周波電圧は各々のアンテナ54のインダクタンスと高周波電流の積に比例する点では両者とも同じであるが、合成インダクタンスは直列に高周波電力を供給する場合に比べて並列に高周波電力を供給する方が低減可能であるためである。

### 【0007】

#### 【特許文献1】

特開2001-35697号公報（公開日：2001年2月9日）

### 【0008】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、誘導結合方式のプラズマ発生装置において、2つ以上のアンテナ54に高周波電力を並列に供給する従来の方式では、プラズマ発生部を大口径化あるいは大容積化しようとすれば、大面積あるいは大容積にわたって均一なプラズマ生成を行うために、各々のアンテナ54は、プラズマ発生室59に局在しないように配置され、結果的に、インピーダンス整合器53と、配線部58を介した一つのアンテナ54との距離、およびそれ以外のアンテナ54との距離との差が増大する。

### 【0009】

このため、上記従来においては、直列に供給される場合に比べれば合成インダクタンスが低減するものの、各々のアンテナ54へ高周波電力を並列に供給するのに要する配線部58でのインダクタンスがプラズマ発生部の大口径化あるいは大容積化に伴って増大してしまい、単体のアンテナ54端子間に発生する高周波電圧に比べて大きい高周波電圧が端部に接続されたアンテナ54に発生するという問題を生じている。

### 【0010】

さらに、2つ以上のアンテナ54に並列に高周波電流を供給する図19に示す従来の高周波電力供給方式を用いたプラズマ発生装置では、各々のアンテナ54に流れる高周波電流は、インピーダンス整合器53と負荷であるアンテナ54との間において高周波電流を受動回路により分流している。このため、分流回路に

寄生するインピーダンスの不均一性により不均一な電流分布となるばかりではなく、上記電流分布を能動的に制御することができない。

#### 【0011】

これにより、上記従来では、プラズマのローディング抵抗ならびに分流回路に寄生するインピーダンスの不均一性ならびに発生する熱による時間的な変化による影響で、アンテナ54間に流れる高周波電流が不均一となった場合でも、上記高周波電流を制御できず、プラズマ生成が不均一、不安定になり、上記プラズマを用いた薄膜形成等が不安定になるという問題があった。

#### 【0012】

さらに、2つ以上のアンテナ54に並列に高周波電流を供給する、図19に示す従来の高周波電力供給方式を用いたプラズマ発生装置では、並列に接続された複数のアンテナ54の合成インピーダンスに対するインピーダンス整合は可能であるものの、それぞれのアンテナ54に供給される高周波電流に対するインピーダンス整合の状態を独立に制御できず、プラズマ生成が不均一、不安定になり、上記プラズマを用いた薄膜形成等が不安定になるという、前記と同様な問題があった。

#### 【0013】

さらに、上記従来の構成では、生成するプラズマのシーズ部の領域に印加される高周波電圧に起因する、アンテナに対するスパッタリングが生じて、上記アンテナの減耗が大きく、プラズマ生成が不均一、不安定になり、上記プラズマを用いた薄膜形成等が不安定になるという、前記と同様な問題があり、かつ、上記スパッタリングによる不純物を生じる問題点もあった。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の高周波電力供給装置は、以上の課題を解決するために、容量性または誘導性の負荷を2つ以上設けた高周波電力供給装置において、負荷に対して電力を供給するための高周波電源が、対応する負荷に近接してそれぞれ設けられていることを特徴としている。

#### 【0015】

上記高周波電力供給装置においては、各高周波電源は、それぞれ対応する負荷に近接した高周波電力増幅器を備えていることが好ましい。

#### 【0016】

上記高周波電力供給装置では、各々の負荷に供給される高周波電流の周波数をそれぞれ制御するための周波数変調制御部が、各々の負荷に取り付けられた個々の高周波電源で独立に、かつ1種類以上の周波数の高周波電流が2つ以上の負荷に同時に供給されると共に、それぞれの負荷に供給される高周波電流の周波数変調によりそれぞれの負荷に対するインピーダンス整合が図られるように設けられていてもよい。

#### 【0017】

上記高周波電力供給装置においては、各々の負荷に供給される高周波電流の位相を、それぞれ制御するための位相変調制御部が、各々の負荷に取り付けられた個々の高周波電源で独立に、かつ同位相または位相の異なる高周波電流が2つ以上の負荷に同時に供給されるように設けられていてもよい。

#### 【0018】

上記高周波電力供給装置では、各々の負荷に供給される高周波電力を、それぞれ制御するための電力制御部が、各々の負荷に対応した個々の電源で独立に、かつ1種類以上の高周波電力が2つ以上の負荷に同時に供給されるように設けられていてもよい。

#### 【0019】

本発明のプラズマ発生装置は、前記の課題を解決するために、上記の何れかに記載の高周波電力供給装置と、上記高周波電力供給装置の負荷が高周波電力の印加によりプラズマを発生するように取り付けられた真空容器とを備えたことを特徴としている。

#### 【0020】

上記プラズマ発生装置においては、各々の負荷に供給される高周波電流、高周波電圧、位相および負荷近傍のプラズマ生成状態の測定部を備えていてもよい。

#### 【0021】

上記プラズマ発生装置では、各々の負荷に流れる高周波電力の信号から制御信

号を生成する負帰還回路と、上記制御信号に基づく自己発振により高周波電力を供給するための制御系とを備えていてもよい。

#### 【0022】

上記プラズマ発生装置においては、2つ以上の負荷が互いに隣り合って取り付けられ、それら隣り合う負荷に供給される高周波電流の位相および周波数を独立に設定して、それら隣り合う負荷に発生する高周波電界によりプラズマ中の電子の受ける実効的な加速ポテンシャルを制御するプラズマ制御部が設けられていることが好ましい。

#### 【0023】

上記プラズマ発生装置では、高周波電力の高周波電流、高周波電圧、位相および負荷近傍のプラズマ状態（例えばプラズマ密度）の逐次測定値をフィードバックし、位相変調、周波数変調、ないし振幅変調の何れかにより2つ以上の負荷に供給する高周波電力を独立かつ能動的に制御することによってそれぞれの負荷に対するインピーダンス整合の制御と、真空容器内のプラズマの均一性および再現性の制御とを行う制御システムが設けられ、プラズマ状態を現すモニターが設けられていることが望ましい。

#### 【0024】

本発明に係る、高周波電力供給装置ならびにそれを利用したプラズマ発生装置では、各々のアンテナ等の負荷に対して、独立に単体の高周波電源を対応する負荷に近接して備え、各々の負荷を、それに対応した独立の高周波電源によりそれぞれ駆動することによって、各々の負荷へ高周波電流を並列または直列に供給する必要をなくしている。

#### 【0025】

さらに、本発明の上記構成においては、それぞれの負荷に供給される高周波電流に対して周波数変調をかけることができるため、容量性の負荷および回路素子のインピーダンスが周波数の逆数に比例し、誘導性の負荷および回路素子のインピーダンスが周波数に比例することを利用して、それぞれの負荷に対するインピーダンス整合を独立かつ能動的に図ることができる。

#### 【0026】

これにより、本発明の上記構成では、各負荷にそれぞれ発生する高周波電圧のバラツキを低減できて、プラズマ発生部の大口径化あるいは大容積化を図っても、より均一なプラズマを発生できて、上記プラズマによる薄膜形成や、プラズマイオン注入を安定化できる。

#### 【0027】

その上、本発明による高周波電力供給装置およびプラズマ発生装置は、2つ以上の負荷を用いる場合、各々の負荷に供給される高周波電力の周波数、位相および電力の独立制御が可能であると共に、各々の負荷に印加された高周波電流、高周波電圧、位相およびアンテナ導体近傍のプラズマ状態の測定やモニターにより、測定信号のフィードバック制御によってプラズマの均一性および再現性の制御を行う制御システムを備えることができて、上記プラズマによる薄膜形成や、プラズマイオン注入をさらに安定化できる。

#### 【0028】

本発明の他のプラズマ発生装置は、前記の課題を解決するために、プラズマを発生させるための真空容器が設けられ、高周波電力が印加されて誘導電界を発生させるアンテナ導体が、真空容器内に少なくとも1つ設置され、アンテナ導体における、真空容器内部に存在する部分の周囲に、第一絶縁体が、プラズマとアンテナ導体との接触を遮断するように第一空間領域を隔てて配置されていることを特徴としている。

#### 【0029】

上記構成では、生成するプラズマのシース部の領域に印加される高周波電圧を、第一の空間領域を隔てた第一絶縁体の配置によって、効果的にかつ従来よりもさらに低減することが可能となり、シース部の領域に印加される高周波電圧に起因する、被覆材である第一絶縁体のスパッタリングによる不純物を生じる問題点や、アンテナ導体、第一絶縁体へのスパッタリングを軽減できて、上記アンテナ導体および第一絶縁体の減耗に起因する、プラズマ生成の不均一、不安定化を抑制でき、上記プラズマを用いた薄膜形成等が不安定化という問題を軽減することが可能となる。

#### 【0030】

上記プラズマ発生装置では、前記第一の絶縁体の周囲に、第二空間領域を隔てて第二の絶縁体が配置されていることが好ましい。

#### 【0031】

上記構成によれば、第二の絶縁体の配置により、さらにシース部の領域に印加される高周波電圧を、効果的に低減することが可能となる。

#### 【0032】

上記プラズマ発生装置においては、前記アンテナ導体の真空容器の内壁に近接したアンテナ導入部にて、前記第一の絶縁体の周囲を囲む接地電極が設けられ、上記接地電極の周囲に、前記第二の絶縁体が、プラズマと接地電極との接触を抑制するように配置されていることが望ましい。

#### 【0033】

上記構成では、接地電極の設置により、上記アンテナ導体の端部に発生する高周波電圧がプラズマのシース部の領域に印加されることを遮断することが可能である。

#### 【0034】

上記プラズマ発生装置では、接地電極は、アンテナ導体の通電方向に対し直交する方向に上記通電方向に沿って交互に突出するジグザグ構造を有していることが好ましい。

#### 【0035】

上記構成では、接地電極をジグザグ構造とすることによって、アンテナ導入部に発生する高周波電圧による静電結合を効果的に遮断すると共に、接地電極において誘導電界に対する電流パスを長くとることができ、接地電極に誘導される発熱を抑制すると共に、電力損失を軽減することが可能である。

#### 【0036】

上記プラズマ発生装置では、真空容器内にて、アンテナ導体から放射される高周波誘導磁場強度を測定するセンサーを設けてもよい。

#### 【0037】

上記構成によれば、アンテナ導体から放射される高周波磁場は、アンテナ導体に流れる高周波電流により誘起され、主としてアンテナ電流に対する方位角方向

の成分を有している。このため、この高周波磁場強度を測定して、アンテナ導体に流れる高周波電流との比較（強度比、位相差）を行うことにより、プラズマ中で誘導結合放電を駆動している高周波磁場強度を直接測定することができる。

#### 【0038】

よって、上記構成では、上記の測定がプラズマ生成における駆動源を直接モニターすることに相当し、プラズマを生成する際に、この測定量が一定となるようフィードバック制御をかけば、プラズマの生成状態をより一定に保つことが可能となる。

#### 【0039】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の各形態について図1ないし図17に基づいて説明すれば、以下の通りである。

#### 【0040】

##### （実施の第一形態）

本発明の実施の第一形態に係る高周波電力供給装置は、図1に示すように、負荷としてのアンテナ1を複数備え、上記各アンテナ1に高周波電力を供給するための高周波発振制御器2と、上記高周波電力のための高周波信号を各アンテナ1に供給するための、高周波信号伝送用の分布定数線路3とを有している。分布定数線路3の特性インピーダンスは、50Ωに設定されている。

#### 【0041】

そして、上記高周波電力供給装置においては、高周波信号を増幅して高周波電力をアンテナ1に供給するための増幅器4が、各アンテナ1にそれぞれ近接して個別に設けられている。これにより、2以上の多数のアンテナ1を設けても、それらアンテナ1に供給される高周波電力により発生する電圧を均一化できて、上記各アンテナ1の誘導結合によるプラズマ発生を安定化できる。

#### 【0042】

なお、上記では、アンテナ1は、誘導性負荷となるように設定されているが、容量性負荷となるように設定されていてもよい。アンテナ1の形状としては、誘導性負荷または容量性負荷となってプラズマ発生できるものであればよいが、誘

導性負荷の場合では、低インダクタンス化を図るために、1ターン（巻数）以下、より好ましくは1ターン未満で、半円状や略コの字状が挙げられる。

#### 【0043】

本発明のプラズマ発生装置は、図2に示すように、上記高周波電力供給装置を有し、基板ステージ5を底内面上に備えた、プラズマ発生のための真空容器6内に各アンテナ1が、基板ステージ5を囲むように、かつ、真空容器6の内壁面より内方に向かって突出するように互いに隣り合って設けられている。

#### 【0044】

なお、真空容器6の形状は、薄膜形成等の処理の対象となる基板に応じた形状であれば特に限定されないが、直方体形状あるいは円柱状に設定されている。また、真空容器6には、図示しないが、プラズマ発生用の気体取り入れ口や、真空容器6内の圧力を制御するための排気口が設けられ、さらに、気体供給部や真空ポンプが取り付けられている。その上、真空容器6内には、スパッタリング用等のターゲット取り付け部が設けられていてもよい。

#### 【0045】

高周波発振制御器2は、図3に示すように、統合制御系21、高周波回路系22、直流電源系23とを備えている。高周波回路系22は、1) 一つの主発振器（発振周波数：f0）22aに接続された、位相変調器22b、周波数変調器22c、信号增幅器22dとを、複数、有している。2) 出力される高周波信号は、各々の高周波回路系22に接続された高周波出力端子から出力され、分布定数線路3の高周波線路3aを介して直結された増幅器4に入力される。

3) 高周波回路系22から出力される高周波信号は、高周波回路系22を構成する位相変調器22b、周波数変調器22c、信号增幅器22dにより、出力される高周波信号の電力、周波数および位相が各々独立に制御可能なものとなっている。

#### 【0046】

直流電源系23は、1) 複数の直流電源23aを備え、2) 直流電源系23から出力される各直流電力は、各々の直流電源23aに接続された直流出力端子から出力され、分布定数線路3の直流線路3bを介して直結された増幅器4に入力

される。3) 各々の直流電源23aから出力される直流電力は、各々独立に制御可能である。

#### 【0047】

統合制御系21には、各ユニットで負荷としてのアンテナ1に供給される高周波電圧、電流、電力の測定信号および各ユニットに備えられた負荷近傍のプラズマの生成状態（プラズマ密度、電子温度、プラズマポテンシャル等）を測定して診断する測定回路（測定部）からの測定信号（Prf-1～Prf-n、Vrf-1～Vrf-n、Ir<sub>f-1</sub>～Ir<sub>f-n</sub>、PL-1～PL-n）が、入力信号として入力される。

#### 【0048】

統合制御系21は、各増幅器4から統合制御系21に入力される高周波電圧、電流、電力およびプラズマ状態を示す信号を制御信号として用い、高周波回路系22および直流電源系23の出力を、所望のプロセス条件を満たすようにフィードバック制御するための、位相変調制御信号発生器21a、周波数変調制御信号発生器21b、信号増幅率制御信号発生器21c、直流出力制御信号発生器21dをそれぞれ有している。

#### 【0049】

位相変調制御信号発生器21aは、各位相変調器22bをそれぞれ制御できるようになっている。周波数変調制御信号発生器21bは、各周波数変調器22cを個々に制御するためのものである。信号増幅率制御信号発生器21cは、各信号増幅器22dを別々に制御するものである。直流出力制御信号発生器21dは、各直流電源23aをそれぞれ制御できるようになっている。

#### 【0050】

統合制御系21は、上記のフィードバック制御により、プロセス装置内の状態を安定かつ再現性のよい状態に保つことが可能となる。

4) プラズマ発生装置においては、プラズマの均一性の制御、プロセスの安定性ならびに再現性をはかり、プロセス状態の一つであるプラズマ状態を現すモニターに出力する。

#### 【0051】

さらに、アンテナ1のアンテナ導体に流れる高周波電力、電圧、電流とプラズ

マ状態の比較（強度比、位相差）を行うことにより、アンテナ1の周囲に対する付着物の度合いを予測することが可能となる。

#### 【0052】

具体的には、付着物による高周波磁場の吸収・遮蔽の割合が増加するに従って、Irfに対する高周波磁場強度の比は減少する。このため、このIrfに対するプラズマ状態をモニターすることにより、アンテナ1周辺への付着物の程度を予測することが可能となり、適切なエッティングガスによるアンテナ1の周辺のクリーニングあるいは新品のアンテナ1への交換時期を確実に知ることができるようになる。

#### 【0053】

このようにモニターは、統合制御系21へのフィードバック入力信号（アンテナに供給される高周波電圧、高周波電流、位相、高周波磁場強度の各信号と前記の各測定部からの各信号）を処理することにより、プラズマ状態ならびにアンテナ周辺のシールドの状態を外部へ出力してモニターするためのものである。

#### 【0054】

一方、従来技術においては、試行錯誤による経験則によってクリーニングあるいは新品への交換を行わざるを得ず、アンテナの動作が不安定となることがあった。

#### 【0055】

前記の増幅器4は、図4に示すように、高周波電力増幅素子（MOSFET）を水冷Cuベース上に実装した高周波電力増幅器41を備えている。高周波電力増幅器41は、低インピーダンスのアンテナ1に真空フランジおよび高周波フィードスルーナット（絶縁体）6aを介して接続されていることによって、増幅器4は高周波増幅器一体型ユニットとなっている。アンテナ1は、誘導結合型のアンテナ導体1aと、セラミック等の電気絶縁体および低誘電体からなりアンテナ導体1aを覆うアンテナ鞘部1bとを有している。

#### 【0056】

増幅器4には、アンテナ導体1aに供給される高周波電力（Prf-n）、電圧（V<sub>rf-n</sub>）、電流（Irf-n）をそれぞれ測定する各測定回路（測定部）42、43、

4 4 とアンテナ導体 1 a 近傍のプラズマ状態 (PL-n) を測定するための測定プローブ (測定部) 4 5 およびその測定回路 (測定部) 4 6 を備えている。測定プローブ 4 5 は、棒状であり、その先端部が真空容器 6 内に突出するようになっている。上記のプラズマ状態の測定には、アンテナ周辺の高周波磁場強度を測定する高周波磁場プローブ、ラングミュアプローブ、イオンコレクター、プラズマ吸収プローブ、発光分光プローブを用いることができる。

#### 【0057】

高周波発振制御器 2 から入力される最大電力 10 W の高周波信号は、増幅器 4 において C 級増幅回路に入力され、直流電源 23 a から前記 M O S F E T への駆動電力の供給により電力増幅されて高周波電力となる。高周波電力の出力を低インピーダンスの誘導結合アンテナ導体 1 a に直結し、アンテナ導体 1 a と増幅器 4 の間でのインピーダンス整合は受動回路により構成されている。

#### 【0058】

アンテナ導体 1 a に供給される高周波電力は、高周波発振制御器 2 から供給される高周波信号と、増幅器 4 の増幅率の積で与えられる。増幅率は、入力される高周波信号、その周波数および増幅器 4 に供給される直流電力に依存している。

#### 【0059】

このため、アンテナ導体 1 a に供給される高周波電力は、高周波発振制御器 2 から増幅器 4 に供給される高周波信号とその周波数ならびに直流電力により制御される。

#### 【0060】

増幅器 4 の仕様は以下の通りである。

#### 【0061】

- ・増幅回路：プッシュ・プル式高周波電力増幅回路
- ・増幅器コスト=US\$0.25 /W
- ・増幅周波数帯域=2 ~ 50 MHz
- ・直流入力電圧=50 V
- ・直流入力電流=40 A ~ 50 A
- ・高周波入力電力=最大 10 W

・高周波出力電力 = 1 kW (10W入力時)

本願発明の効果について以下に説明する。

1) 高周波発振制御器 2 から増幅器 4 へ供給される高周波信号の電力と周波数、位相および直流電力を制御することにより、高周波電力が独立に各アンテナ導体 1a に対し、それぞれ供給され、かつ周波数、電力および位相と共にそれぞれの負荷に対するインピーダンス整合状態を能動的に制御することが可能である。

#### 【0062】

(周波数、電力、位相の独立制御可)

2) 従来方式において必要な、インピーダンス整合器とアンテナ(負荷)との間で高周波電流を受動回路により分流するための分流回路が、本願発明では不要となり、分流回路に寄生するインピーダンスの不均一性による不均一な電流分布を回避することが可能となる。

3) 大面積ないし大容積のプラズマ生成において、インピーダンス整合器から負荷への配線の長大化によるインダクタンスの増大を伴うことなく負荷としてのアンテナ 1 を増設可能となる。

#### 【0063】

(配線部のインダクタンスによるRF高電圧の発生が回避される)

4) 高周波電力増幅器 4 1 の出力部からアンテナ 1 へは互いに低インピーダンスの集中定数回路を通じて直結可能(従来の 50 Ω 伝送線路とのマッチング回路が不要)である。

5) 複数実装により高出力化を低コストかつ容易に実現可能(従来の 1/3 以下)、特に、マルチアンテナ型 ICP 生成における新しい方式の RF 電力の供給が可能となる。

#### 【0064】

##### 位相制御効果

図 5 (a) および図 5 (b) に示すように、各々の ICP モジュールに供給される入力 RF 信号の位相制御を行うことにより、隣接するユニット間での位相関係で決まる実効的な電子の加速ポテンシャルが変化し、電子の加速ポテンシャルを変化させることにより電子エネルギー分布を制御できる。

**【0065】**

特に、プラズマCVDならびにプラズマエッティングで用いられるプロセス気体の解離過程、電離過程、励起過程は、プラズマ中の電子とプロセス気体との衝突により支配され、プラズマ中の電子エネルギー分布を制御することにより、中性ラジカル、イオン種の割合と励起状態が制御される。さらに、これら中性ラジカル、イオン種の割合と励起状態により表面反応および気相反応が支配され、プラズマCVDならびにプラズマエッティング等の加工プロセスを所望の状態に制御することが可能となる。

**【0066】****分布制御の一例**

分布制御について、図6に示す、内壁面が略直方体形状の真空容器6を有するプラズマ発生装置を用いた、本実施の第一形態を以下に示す。

**【0067】**

- ・平面形状：水平方向の断面が矩形（長方形）
- ・長辺：123cm、短辺：103cm、高さ：38cm
- ・真空容器6の内側壁の各々よりアンテナ1を内部に配置。

**【0068】**

- ・アンテナ1を2つの長辺から4本ずつ：(A1, A2, A3, A4)と (C1, C2, C3, C4)
- ・アンテナ1を2つの短辺から4本ずつ：(B1, B2, B3, B4)と (D1, D2, D3, D4)
- ・真空容器6の高さ方向にz軸、平面にx軸およびy軸をとる。

**【0069】**

- ・z軸の原点は高さ方向の中心位置。

**【0070】**

- ・x y面の原点は平面の中心位置。

**【0071】**

- ・アンテナ導体1aの位置： $Z = 1.5\text{cm}$
- ・プラズマ分布のシミュレーション結果

・  $y = 52 \text{ cm}$ におけるプラズマ密度の  $x$  分布を図 7 に示す。

#### 【0072】

・ シミュレーションの拘束条件（高周波電力供給）各面の両端 2 本に供給する電力は全て同じ、各面の残りの 2 本に供給する電力は全て同じ。

#### 【0073】

・ 各面の 4 本全てに同じ電力を供給した場合は、図 7 (a) に示すように、隣り合う面との重なりあわせのために各面の両端部での密度が高くなりすぎることを特徴とする不均一な分布となる。

#### 【0074】

・ 各面の両端部のアンテナ導体に供給する高周波電力を残り 2 本よりも 20% 減じることにより、図 7 (b) に示すように、良好な一様性を有する分布が得られる。

#### 【0075】

・ 各面の両端部のアンテナ導体に供給する高周波電力を残り 2 本よりも 40% 減じることにより、図 7 (c) に示すように、各面の両端部での密度が低くなりすぎることを特徴とする不均一な分布となる。

#### 【0076】

本実施の第一形態では、各アンテナ 1 における略コの字状のアンテナ導体 1a は、それらの先端部（真空容器 6 の内壁面と略平行な部分）を結ぶ仮想線が閉曲線となり、上記閉曲線が、対象となる基板の表面形状（例えば長方形）より大きな、上記表面形状と相似形で略平行に設定され、互いに隣り合う各アンテナ導体 1a の上記仮想線上での距離がほぼ等間隔に設定されている。

#### 【0077】

このような本実施の第一形態では、各アンテナ導体 1a に対して供給される高周波電力を独立にそれぞれ制御することにより、真空容器 6 にて発生させるプラズマの分布を任意に制御することが可能である。

#### 【0078】

さらに、アンテナ 1 を真空容器の側壁に配置した上記の実施の第一形態以外に、天板に複数のアンテナ 1 を配置する場合においても、互いに隣り合う各アンテ

ナ導体に対して供給される高周波電力を独立にそれぞれ制御することにより、真空容器にて発生させるプラズマの分布を容易に制御することが可能である。

### 【0079】

#### (実施の第二形態)

誘導性負荷であるアンテナ導体1aに高周波電流を供給した場合、アンテナ導体1aの一方を接地すると、図8(a)に示すように、給電側は高周波電源の角周波数( $\omega$ )、アンテナ1のインダクタンス(L)および高周波電流の振幅(I<sub>rf</sub>)の積で決まる対地振幅で振動し、ブロッキングコンデンサ等により浮遊電位とすると、図8(b)に示すように、対極に対して同等の高周波電圧を示す上記対地振幅で振動する。

### 【0080】

何れの場合でも、アンテナ導体1aの端部の何れかが高い対地振幅を示すことになる。この高周波電圧がプラズマのシース部にかかることにより、プラズマとの容量性結合に伴ってプラズマ電位の異常な振動を招くばかりでなく、プラズマ中のイオンがシース部に印加される高周波電圧でアンテナ導体1aの側へ加速されて入射し、スパッタリング等の現象を生じることにより不純物を生成する等の問題を生じる。

### 【0081】

アンテナの内部表面を絶縁体により密着させて覆った従来のプラズマ発生装置の場合、図9の等価回路に示すように、プラズマのシース部14の領域に印加される電圧(V<sub>s</sub>)は、アンテナ導体1aに発生する電圧(V<sub>a</sub>)と絶縁体12における電位降下分(V<sub>i</sub>)を用いて次式(1)のように表すことができる。

### 【0082】

$$V_s = V_a - V_i = V_a \cdot Z_s / (Z_i + Z_s) \quad \cdots (1)$$

ここで、Z<sub>i</sub>、Z<sub>s</sub>は、各々、絶縁体12およびシース部14の領域のインピーダンスを示す。このようにアンテナ導体1aの表面を絶縁体12で密に被覆することにより、アンテナ1とプラズマとの静電結合成分が抑制される(特開2001-35697号公報を参照)。

### 【0083】

しかし、被覆材である絶縁体12あるいは誘電体のスパッタリングによる不純物を生じる問題点があった。

#### 【0084】

この問題点を技術的に解決するため、シース部14の領域に印加される電圧をさらに低減することを目的として、本発明に係る実施の第二形態のプラズマ発生装置では、図10の等価回路に示すように、アンテナ導体1aの真空容器6内部に存在する部分（より好ましくは全ての部分）の周囲に、真空領域（空間領域）18を隔てて絶縁体12が配置されている。上記真空領域18の真空度は、プラズマを発生させるための、真空容器6内にて設定された程度のものでよい。

#### 【0085】

真空領域18の比誘電率は、ほぼ1であり、何れの誘電体材料に比べても低い値を示すため、高いインピーダンスを確保することが可能となる。よって、プラズマのシース部14の領域に印加される電圧（Vs）は、アンテナ導体1aに発生する電圧（Va）、真空領域18における電位降下分（Vv）および絶縁体12における電位降下分（Vi）を用いて次式（2）のように表すことができる。

#### 【0086】

$$Vs = Va - Vv - Vi = Va \cdot Zs / (Zv + Zi + Zs) \quad \dots (2)$$

これにより、生成するプラズマのシース部14の領域に印加される高周波電圧を、真空領域18を隔てた絶縁体12の配置によって、効果的にかつ従来よりもさらに低減することが可能となり、前記の問題点を軽減できる。上記の式（2）では、Zvは真空領域18のインピーダンスを示す。

#### 【0087】

##### （実施の第三形態）

さらに、図8（a）および図8（b）のアンテナ導体1aにおける電圧振動にも示めされるように、アンテナ導体1aが接地されている場合と浮遊電位となっている場合の何れの場合においても、高周波電圧が高い対地振幅となる場所はアンテナ導体1aの端部である。

#### 【0088】

このため、本発明に係る実施の第三形態のプラズマ発生装置においては、図1

1に示すように、アンテナ導体1aの真空容器6内部に存在する部分（より好ましくは全ての部分）の周囲に、第一の真空領域18a（前記の真空領域18に相当）を介して配置される第一の絶縁体12a（前記の絶縁体12に相当）の周囲に、さらに、第二の真空領域18bを隔てて第二の絶縁体12bが第一の絶縁体12aを覆うように配置されている。

#### 【0089】

これにより、第二の絶縁体12bのスパッタリングやプラズマ電位の異常振動の原因となるアンテナ導体1aの端部近傍における、シース部14の領域に印加される高周波電圧を、効果的に、かつ従来よりもさらに低減することが可能となる。上記の第二の絶縁体12bの望ましい形状としては、保護管または保護板が挙げられる。

#### 【0090】

前記第一の絶縁体12aの周囲に、第二の真空領域18bを隔てて第二の絶縁体12bを配置する場合における等価回路を図11に示すようになり、プラズマのシース部14の領域に印加される電圧(Vs)は、アンテナ導体1aに発生する電圧(Va)、第一の真空領域18aにおける電位降下分(Vv1)および第一の絶縁体12aにおける電位降下分(Vi1)、第二の真空領域18bにおける電位降下分(Vv2)および第二の絶縁体12bにおける電位降下分(Vi2)を用いて次式(3)のように表すことができる。

#### 【0091】

$$Vs = Va - Vv1 - Vi1 - Vv2 - Vi2 = Va \cdot Zs / (Zv1 + Zi1 + Zv2 + Zi2 + Zs) \quad \cdots (3)$$

このように本実施の第三形態では、アンテナ導体1aの端部でのシース部14の領域に印加される高周波電圧を効果的に、かつさらに低減することが可能となる。

#### 【0092】

式(3)では、Zv1およびZi1は各々第一の真空領域18aおよび第一の絶縁体12aのインピーダンスを、Zv2およびZi2は各々第二の真空領域18bおよび第二の絶縁体12bのインピーダンスを示す。

**【0093】**

(実施の第四形態)

さらに、本発明に係る実施の第四形態のプラズマ発生装置では、図14ないし図16に示すように、アンテナ導体1aの端部である真空容器6の壁に近接した部分において、円筒状で、断面がジグザグ構造を有する接地電極15が、前記第一の絶縁体12aを同軸構造にて囲むように設けられている。断面がジグザグ構造とは、アンテナ導体1aの通電方向（長軸方向）に対し直交し、かつ、互いに背向する各方面に上記通電方向に沿って交互に突出するようジグザクに折れ曲がった構造である。

**【0094】**

上記接地電極15の設置により、上記のアンテナ導体1aの端部に発生する高周波電圧がプラズマのシース部14の領域に印加されることを遮断することが可能である。

**【0095】**

さらに、上記接地電極15の周囲に前記第二の絶縁体12bが配置されていると、上記接地電極15と上記第二の絶縁体12bとにより、上記のアンテナ導体1aの端部に発生する高周波電圧がプラズマのシース部14の領域に印加されることをより完全に遮断することが可能である。

**【0096】**

ここで、上記接地電極15をジグザグ構造とすることによって、アンテナ導入部に発生する高周波電圧による静電結合を効果的に遮断すると共に、接地電極15において誘導電界に対する電流パスを長くとることができ、接地電極15に誘導される発熱を抑制すると共に、電力損失を軽減することが可能である。

**【0097】**

以下に、本実施の第二および第三形態におけるアンテナ1の実施例について、図12および図13に基づいて説明する。まず、図12に示すように、アンテナ1は、印加された高周波電力により誘導電界を発生させるアンテナ導体1aが、真空容器6内の真空フランジである高周波フィードスルーアルあるいはチャンバー壁に装着されて設置され、かつアンテナ導体1aが金属製パイプまたは金属板

により構成され、さらにアンテナ導体1aにおける、真空容器6内部に存在する、好ましくは全ての部分の周囲に、筒状の絶縁体12が真空領域18を隔てて配置され、プラズマとアンテナ導体1aとの接触を完全に遮断する構造を有する。

#### 【0098】

本実施例では、絶縁体12は、筒状の本体部12cと保持用絶縁体12dとを備えている。上記本体部12cがアンテナ導体1aに対して真空領域18を隔てて配置されるために、上記保持用絶縁体12dは、本体部12cの内壁から内方に延びるリブ形状にて、アンテナ導体1aを保持するように本体部12c内部に挿入されている。これにより、絶縁体12は、真空領域18を隔ててアンテナ導体1aの周囲に安定に配置されている。

#### 【0099】

また、アンテナ導体1aの真空容器6内部に存在する部分と真空容器6の壁とで囲まれるループの面積は、アンテナ導体1aのインダクタンスを低減するため、アンテナ導体1aの存在する平面における、真空容器6の断面積（投射面積）の1/2以下であることが好ましい。

#### 【0100】

インダクタンスの大きさは、誘導アンテナで囲まれるループの面積をS、巻数をNとすると、概ね  $S \times N^2$  に比例しきくなる。このため、巻数を1以下としてインダクタンスを低減したアンテナ導体1aのインダクタンスをさらに低減するためには、真空容器6の壁との間で囲まれるループの面積を小さくすることが効果的である。

#### 【0101】

このようにアンテナ系であるアンテナ導体1aのインダクタンスが低い構造を有することにより、アンテナ導体1aに発生する高周波電圧を抑制できる構造となっている。さらに、アンテナ導体1aの真空容器6内部に存在する全ての部分の周囲に配置される絶縁体12が継ぎ目のない構造を有し、プラズマとアンテナ導体1aとの接触を完全に遮断する構造を有する。

#### 【0102】

さらに、前記絶縁体12の周囲には、真空領域18bを隔てて第二の絶縁体1

2 b が配置されていてもよい。第二の絶縁体 1 2 b の形状としては、保護管または保護板が挙げられる。このときには、前記の絶縁体 1 2 は、第一の絶縁体 1 2 a となる。これにより、アンテナ導体 1 a の端部に発生する高周波電圧がプラズマに結合することを抑制して絶縁体 1 2 のスパッタリングによる不純物発生の低減とプラズマ電位の変動を抑制する効果を奏する。

#### 【0103】

また、この第二の絶縁体 1 2 b を設けることにより、導電性材料の成膜プロセスにおいて、アンテナ導体 1 a の周囲に配置した第一の絶縁体 1 2 a が成膜物質で完全に被覆されることを防止し、高周波誘導電界が遮蔽されることを抑制して、導電性材料の成膜プロセスにおいても安定なプラズマ生成を可能とする効果を有する。

#### 【0104】

また、図 1 3 に示す実施例は、本発明に係る実施の第二および第三形態の別の実施例である。本実施の第二および第三形態では、アンテナ導体 1 a の周辺に配置する絶縁体 1 2 の湾曲部を接続により形成する接続部 1 2 e が設けられていてよい。直線形状である各本体部 1 2 c は接続部 1 2 e を介して互いに接続されて構成されている。

#### 【0105】

接続部 1 2 e は、セラミック、ガラス、金属等の、耐熱性を有し、湾曲形状に加工が可能な材質であればよく、パイプ形状で直線形状の絶縁体である各本体部 1 2 c との組み合わせにより、第一の絶縁体 1 2 a を容易に実現できるものとなっている。

#### 【0106】

次に、本実施の第四形態の実施例について説明すると、図 1 4 および図 1 5 に示すように、アンテナ導体 1 a の高周波導入部に発生する高電圧を効果的にシールドして、静電結合を抑制する効果を有する、筒状の接地電極 1 5 が、アンテナ導体 1 a を外方から覆うように、かつアンテナ導体 1 a に対して同軸状となるように設けられている。図 1 4 では、接地電極 1 5 は、アンテナ導体 1 a と第一の絶縁体 1 2 a との間に設けられている。図 1 5 においては、接地電極 1 5 は、第

一の絶縁体12aと第二の絶縁体12bとの間に設けられている。その際に用いられる金属製の接地電極15は、図16に示すように、前述した、断面がジグザグ構造を有する。

#### 【0107】

これにより、アンテナ導体1aの導入部に発生する高周波電圧による静電結合を効果的に遮断すると共に、接地電極15を誘導電界に対する電流パスをジグザグ構造により長くとることができ、接地電極15に誘導される発熱を抑制すると共に、電力損失を削減することが可能である。

#### 【0108】

さらに、図17には、図12（接地電極無し）と図15（接地電極有り）の実施例のアンテナ1を各々1つずつ用いて生成した水素プラズマ（放電圧力は2Pa）における浮遊電位をラングミュアプローブにより測定した結果をそれぞれ示す。接地電極有りの場合は、接地電極無しの場合に比べて、効果的にプラズマの電位低減が図られていることを図17の結果は示している。

#### 【0109】

これらの結果から、アンテナ導体1aの端部において発生する高周波電圧がプラズマのシース部14に印加されるのを抑制するためのシールド、例えば接地電極15を設けることは、プラズマの浮遊電位低減を可能にし、安定でかつ良好なプラズマの発生が可能となる。

#### 【0110】

（実施の第五形態）

本発明では、真空容器6内にて、アンテナ導体1aから放射される高周波誘導磁場強度を測定するセンサー（図示せず）が設けられていることが望ましい。

#### 【0111】

上記センサーにて測定する物理量としては、アンテナ導体1aから放射される高周波磁場強度好ましくはアンテナ電流に対する方位角方向が挙げられる。その測定方法としては、絶縁保護管内に設置した高周波電流測定子（ピックアップコイル等）が挙げられる。

#### 【0112】

上記センサーの設置場所は、アンテナ1の設置電位に近い場所、好ましくは、誘電体（絶縁体）シールドから30mm以内の距離（シールド表面から高周波磁場が1/10に減衰する位置までである。

#### 【0113】

上記測定量の物理的解釈・効果は、アンテナ1から放射される高周波磁場は、アンテナ1に流れる高周波電流により誘起され、主としてアンテナ電流に対する方位角方向の成分を有している。このため、この高周波磁場強度を測定して、アンテナ1に流れる高周波電流との比較（強度比、位相差）を行うことにより、以下の情報を得ることが可能である。

#### 【0114】

1) プラズマ中で誘導結合放電を駆動している高周波磁場強度を直接測定することが可能となる。その効果は、上記の測定がプラズマ生成における駆動源を直接モニターすることに相当するため、プラズマを安定に生成する上では、この測定量が一定となるようにフィードバック制御をかけければ、プラズマの生成状態をより一定に保つことが可能なことである。

#### 【0115】

従来技術では、プロセス毎の傾向から経験則として制御することしかできず、プラズマの生成状態を一定に保つことが困難となることがあった。

#### 【0116】

また、誘導結合型プラズマでは、a) アンテナに高周波電流  $I_{rf}$  を流すことにより、電流  $I_{rf}$  に比例した高周波磁場  $B$  が電流の方位角方向に発生し、b) ファラデーの誘導法則により、高周波電源周波数で時間変動する高周波磁場  $B$  によって、高周波電流  $I_{rf}$  と周波数に比例する強度をもつ誘導電場  $E$  が発生し、[ファラデーの誘導法則 :  $\text{rot } E = - \frac{\partial B}{\partial t}$ ] :  $E \propto B$  ( $\propto I_{rf}$ )  $\times$  周波数、c) 誘導電場  $E$  によりプラズマ中の電子が加速されることより駆動されている。

#### 【0117】

本発明では、真空容器6内でアンテナ導体1aから放射される高周波誘導磁場強度を直接測定するセンサーを設けることにより、誘導結合プラズマを駆動する高周波磁界を直接測定することができ、プラズマ生成の結果であるプラズマ密度

や電子温度ではなく、プラズマ生成状態（駆動源）そのものを測定することが可能となる。

#### 【0118】

2) アンテナ1に流れる高周波電流との比較（強度比、位相差）を行うことにより、アンテナ1の周囲に配置されている誘電体シールドの表面への付着物の度合いを予測することが可能である。

#### 【0119】

その予測の効果は、具体的には、付着物による高周波磁場の吸収・遮蔽の割合が増加するに従って、 $I_{rf}$ に対する高周波磁場強度の比は減少するため、この $I_{rf}$ に対する高周波磁場強度の比をモニターすることにより、アンテナ1ならびに誘電体シールドへの付着物の程度を予測することが可能となり、適切なエッティングガスによるクリーニングあるいは新品への交換時期を確実に知ることができるようになる。

#### 【0120】

一方、従来技術では、試行錯誤による経験則によってクリーニングあるいは新品への交換を行わざるを得ず、クリーニングあるいは新品への交換時期が不確実となって、プラズマを用いた成膜等のプロセスが不安定となることがあった。

#### 【0121】

なお、上記の実施の第一ないし第五形態では、それぞれの各形態を独立して記載したが、それら各形態を複数どのように組み合わせてもよく、それらの効果がそれぞれ得られることは明らかである。また、上記の実施の第二ないし第五形態においては、本実施の第一形態に記載と同様な機能を有する部材については、同一の部材番号を付与して、それらの説明を省いた。

#### 【0122】

##### 【発明の効果】

本発明の高周波電力供給装置は、以上のように、容量性または誘導性の負荷を2つ以上設けた高周波電力供給装置において、負荷に対して電力を供給するための高周波電源が、対応する負荷に近接してそれぞれ設けられている構成である。

#### 【0123】

それゆえ、上記構成は、各々の負荷へ高周波電流を並列または直列に供給する必要を省けるから、各負荷にそれぞれ発生する高周波電圧のバラツキを低減できるという効果を奏する。

#### 【0124】

本発明のプラズマ発生装置は、以上のように、上記に記載の高周波電力供給装置と、上記高周波電力供給装置の負荷が高周波電力の印加によりプラズマを発生するように取り付けられた真空容器とを備えた構成である。

#### 【0125】

それゆえ、上記構成は、各々の負荷へ高周波電流を並列または直列に供給する必要を省けるから、各負荷にそれぞれ発生する高周波電圧のバラツキを低減でき、プラズマ発生部の大口径化あるいは大容積化を図っても、より均一なプラズマを発生できて、上記プラズマによる薄膜形成や、プラズマイオン注入を安定化できるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の高周波電力供給装置の回路ブロック図である。

##### 【図 2】

本発明のプラズマ発生装置の構成図であり、本発明の高周波電力供給装置に複数個の誘導結合型のアンテナを接続したプラズマ発生装置の断面構造を示す。

##### 【図 3】

上記高周波電力供給装置の高周波発振制御器の回路ブロック図である。

##### 【図 4】

上記プラズマ発生装置の要部を示す増幅器（高周波増幅器一体型ユニット）の回路ブロック図である。

##### 【図 5】

上記プラズマ発生装置における、複数のアンテナ導体に供給される高周波電流の位相を変化させた際の概略図を示し、（a）は一方向に位相を変化させる場合を示し、（b）は互いに反対方向に位相を変化させる場合を示す。

##### 【図 6】

上記プラズマ発生装置における、矩形の真空容器の各側面に4本ずつのアンテナ導体をそれぞれ配置した誘導結合型の実施例であり、その概略斜視図を示す。

【図7】

図6に示した本発明のプラズマ発生装置において、アンテナ導体に供給される高周波電力を変化させた際ににおける、真空容器内でのプラズマ均一性の変化を示すグラフであって、(a)は、各面の4本全てに同じ電力を供給した場合を示し、(b)は、各面の両端部のアンテナ導体に供給する高周波電力を残り2本よりも20%減じた場合を示し、(c)は、各面の両端部のアンテナ導体に供給する高周波電力を残り2本よりも40%減じた場合を示す。

【図8】

誘導性負荷であるアンテナ導体に高周波電流を供給した場合の対地振幅を示すグラフであって、(a)はアンテナ導体の一方を接地した際を示し、(b)はプロッキングコンデンサ等により浮遊電位となっている際を示す。

【図9】

従来のプラズマ発生装置における、各部位での電圧を示すためのブロック図である。

【図10】

本発明に係る実施の第二形態のプラズマ発生装置における、各部位での電圧を示すためのブロック図である。

【図11】

本発明に係る実施の第三形態のプラズマ発生装置における、各部位での電圧を示すためのブロック図である。

【図12】

上記の実施の第二および第三形態のプラズマ発生装置の断面図である。

【図13】

上記の実施の第二および第三形態のプラズマ発生装置の一変形例の断面図である。

【図14】

本発明に係る実施の第四形態におけるプラズマ発生装置の断面図である。

**【図15】**

上記実施の第四形態におけるプラズマ発生装置の一変形例の断面図である。

**【図16】**

本実施の第四形態における接地電極の形状を示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は斜視図を示す。

**【図17】**

本実施の第四形態での、接地電極の有無によるプラズマの浮遊電位の違いを示すグラフである。

**【図18】**

従来の高周波電力供給装置の回路ブロック図である。

**【図19】**

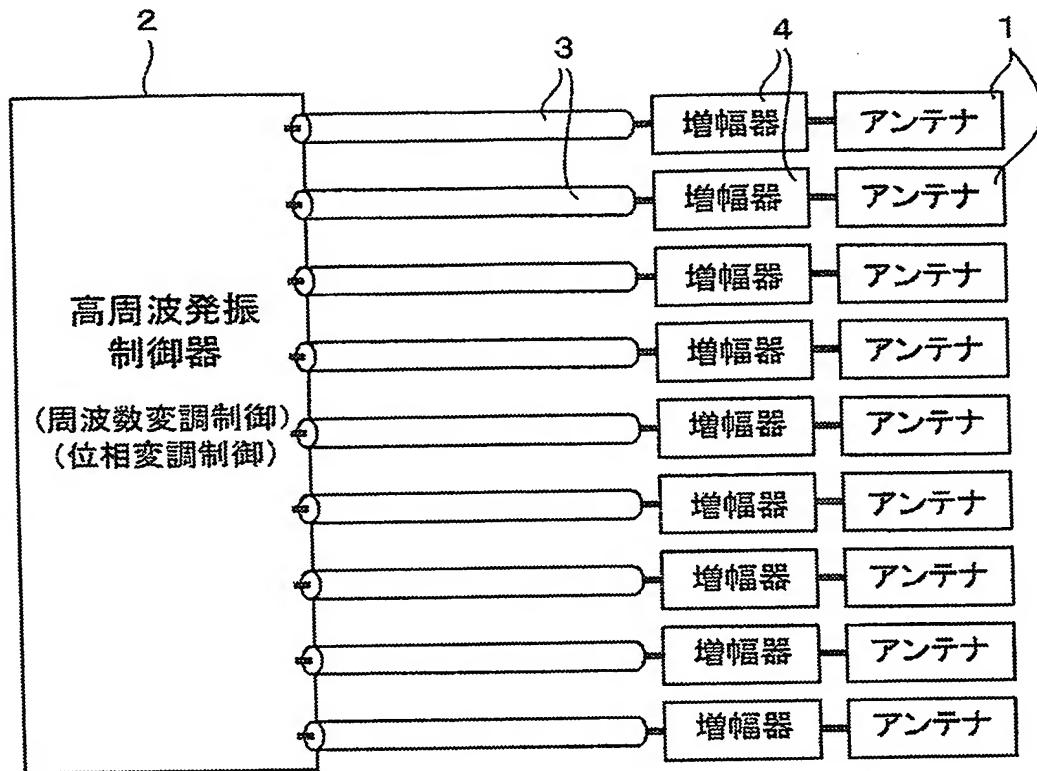
従来のプラズマ発生装置構成図であり、従来の高周波電力供給装置に複数個の誘導結合型アンテナ導体を並列に接続したプラズマ発生装置の断面構造を示す。

**【符号の説明】**

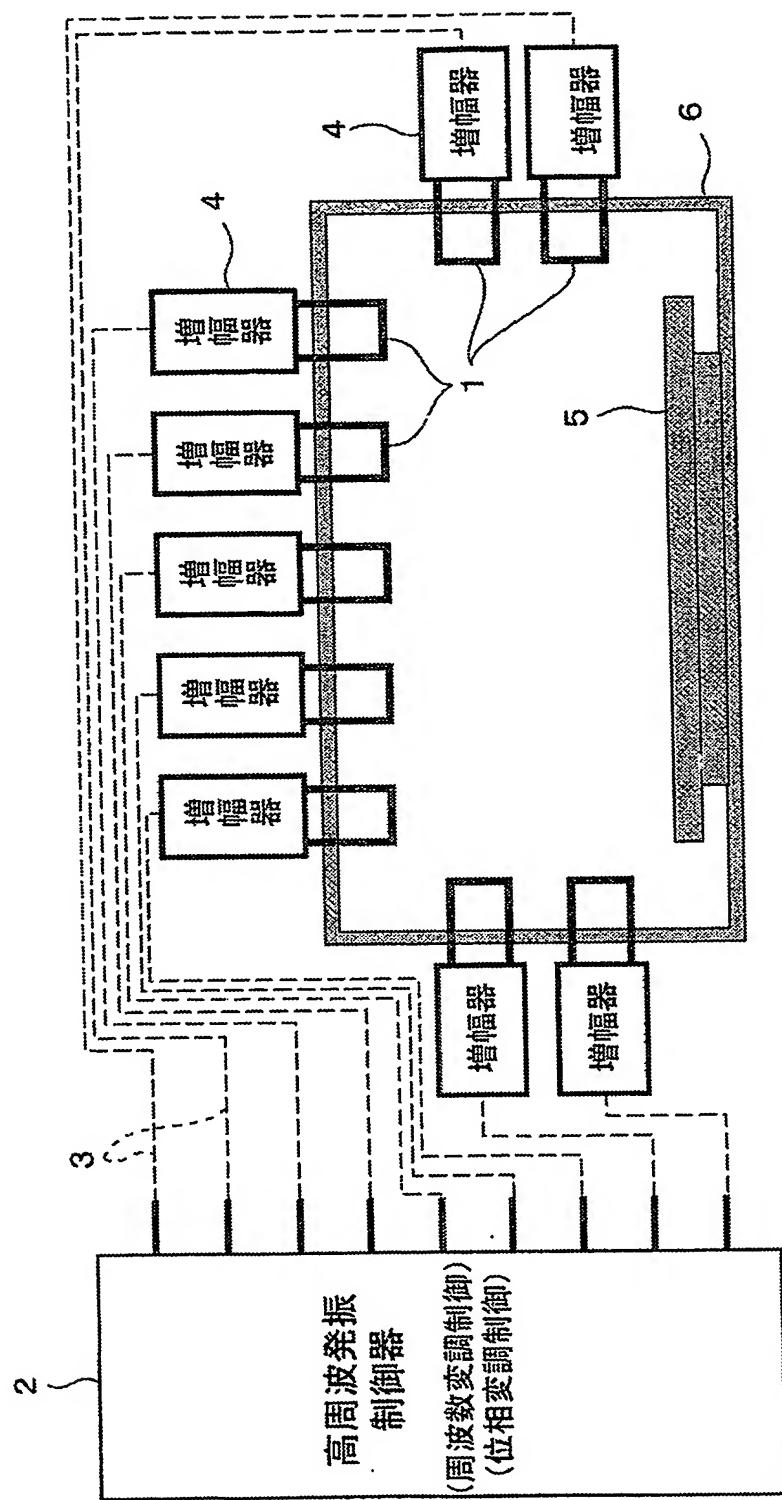
- 1 アンテナ（負荷）
- 2 高周波発振制御器（高周波電源）
- 4 増幅器（高周波電源）
- 6 真空容器

【書類名】 図面

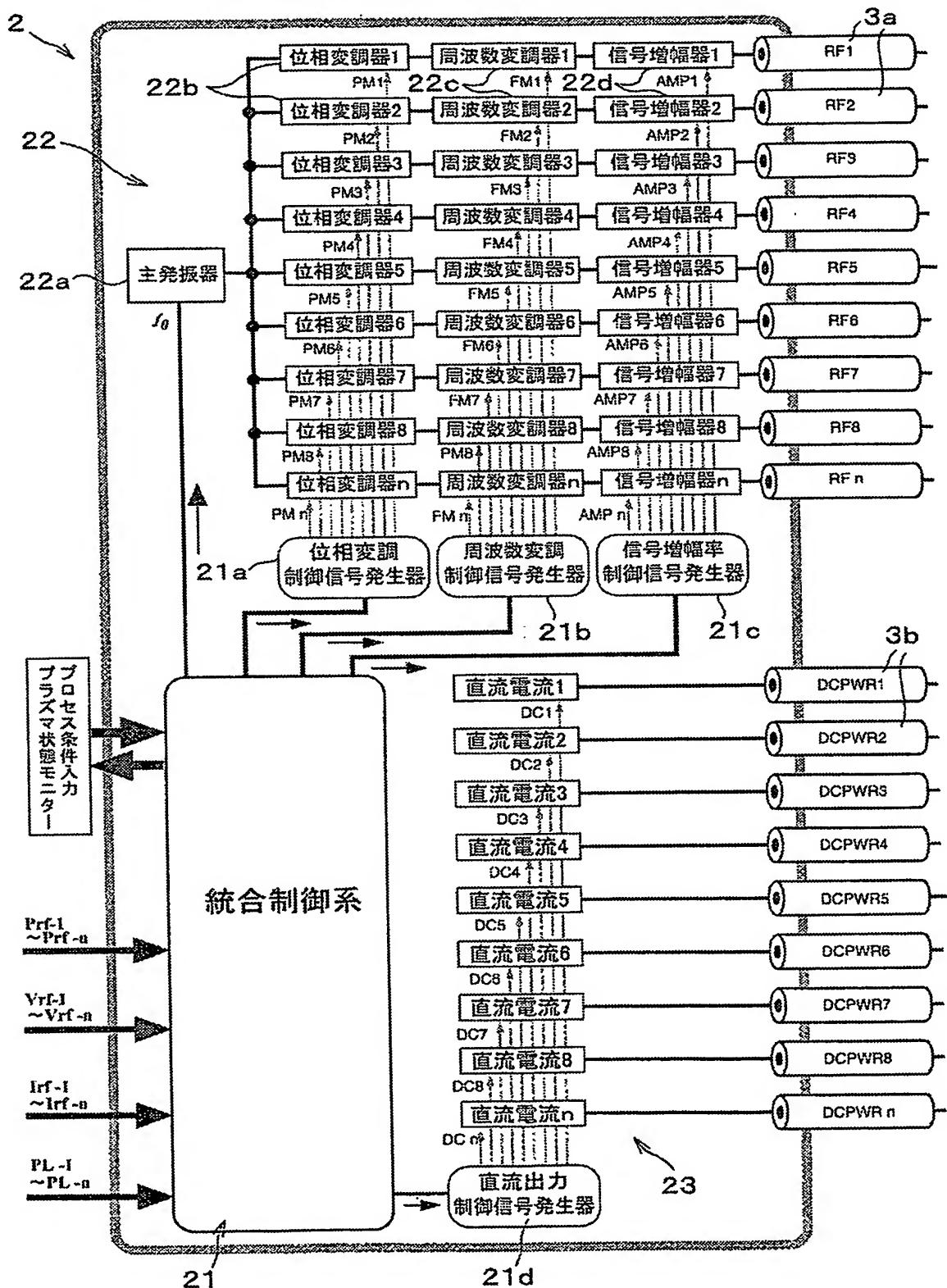
【図 1】



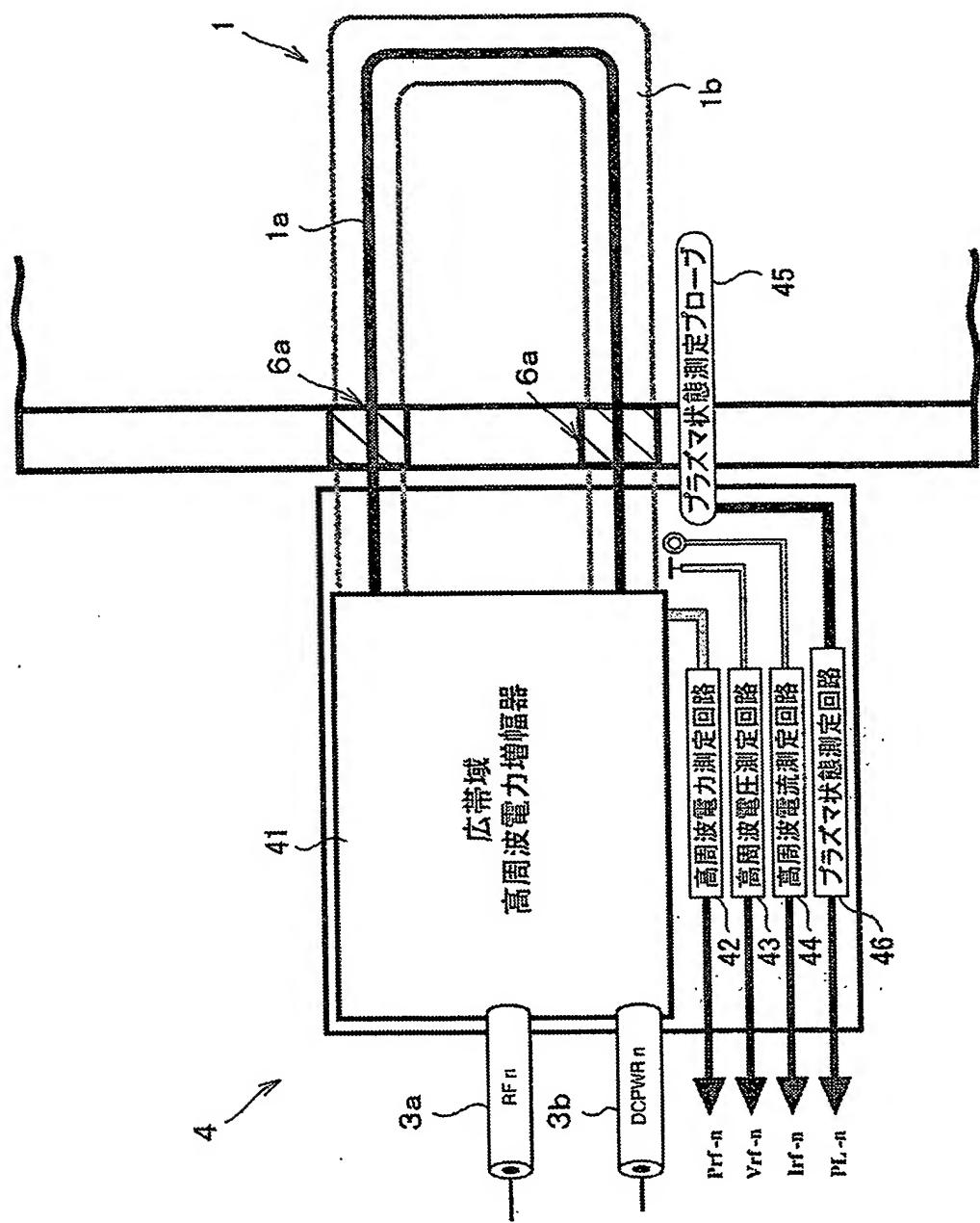
【図2】



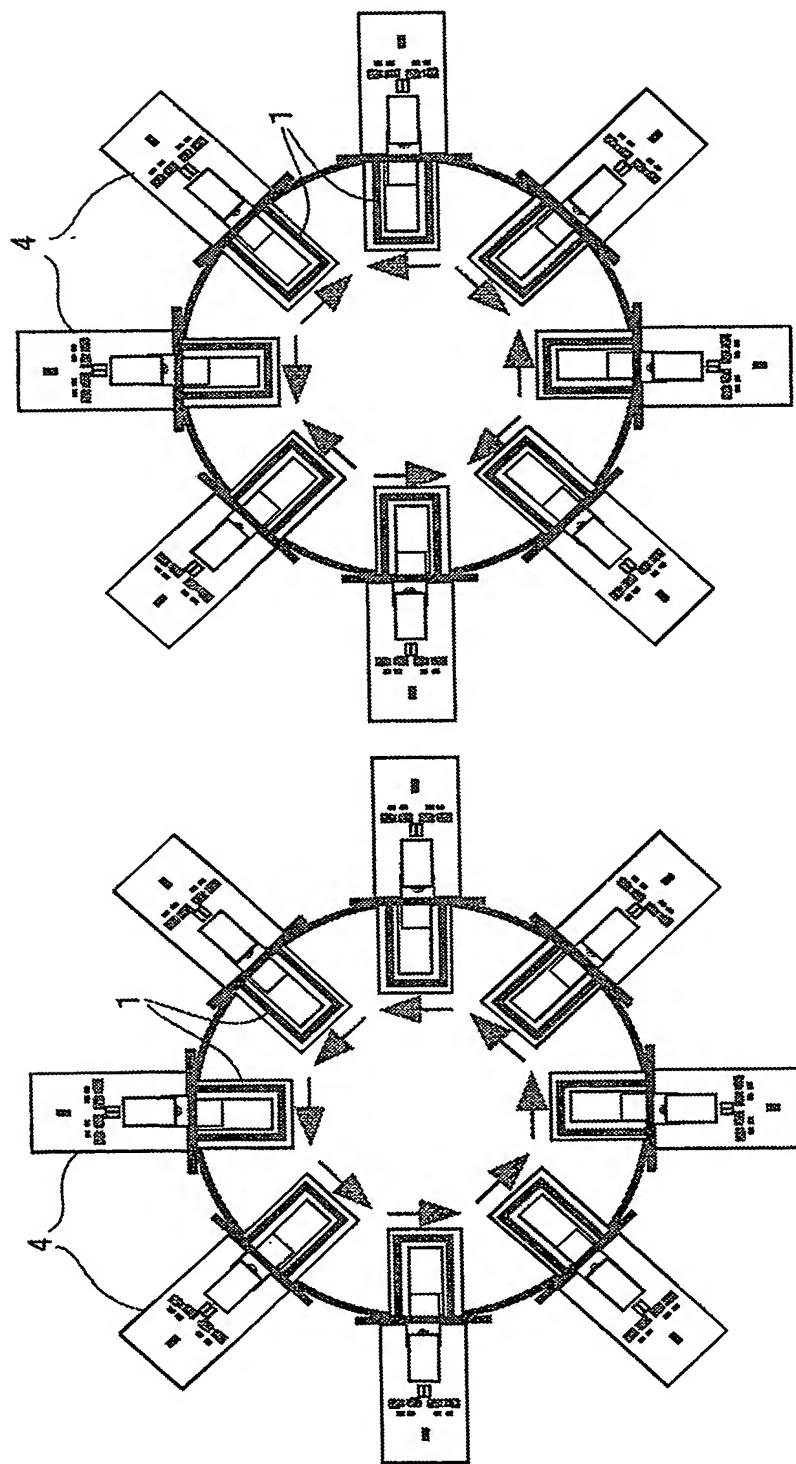
【図3】



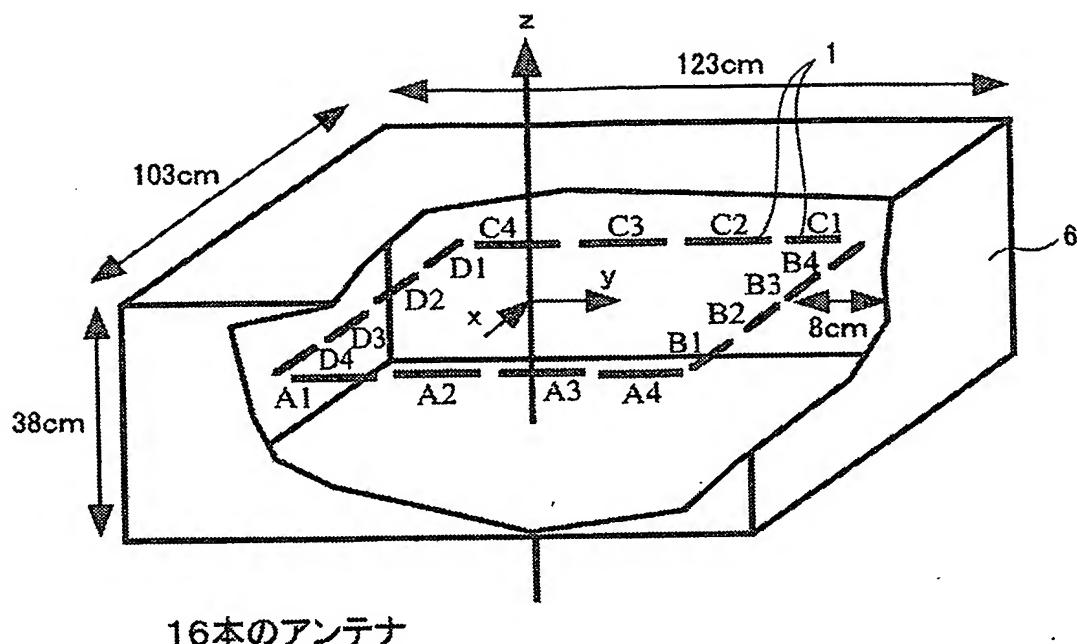
【図4】



【図 5】

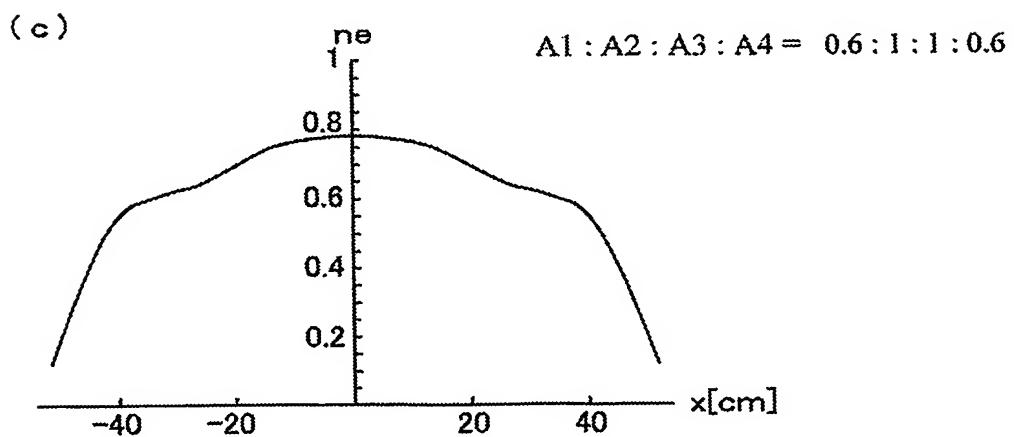
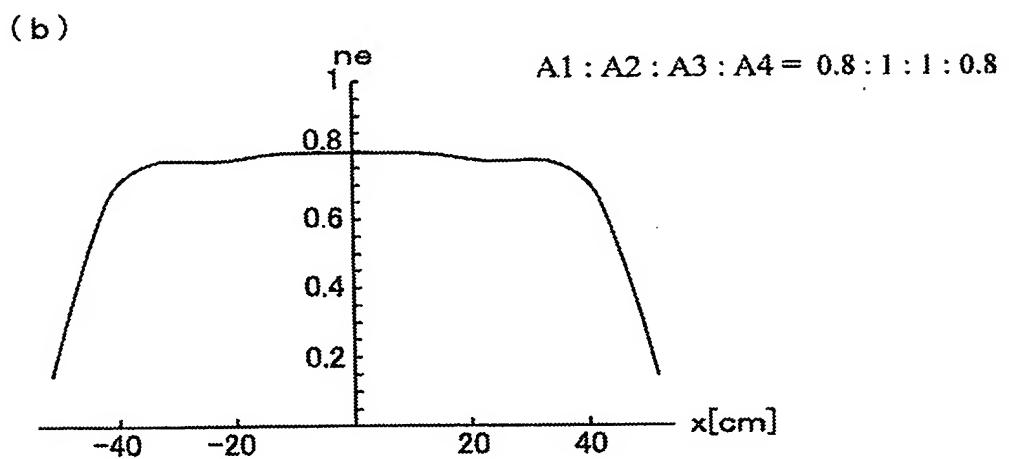
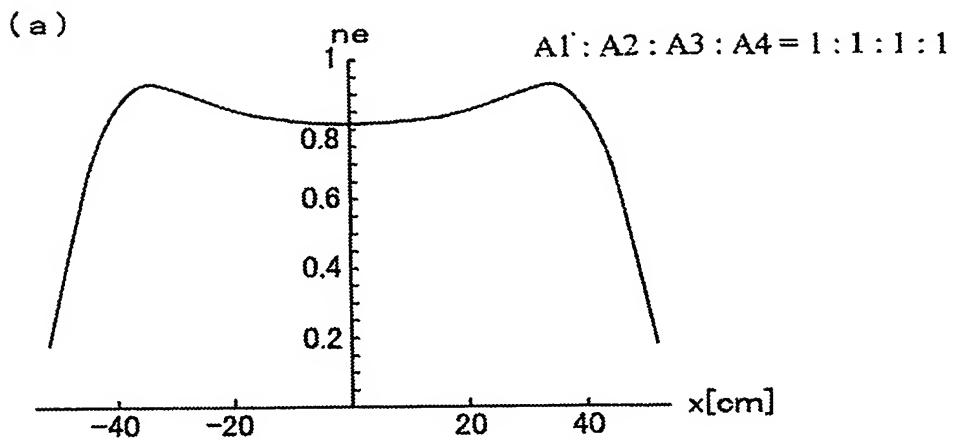


【図6】



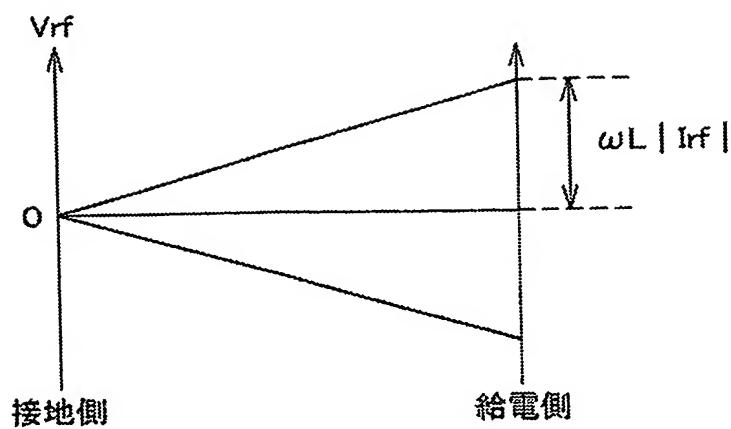
アンテナの位置  $z=1.5\text{cm}$  密度の  $x-y$  分布  
 $z=-10\text{cm}$  密度の  $x$  分布  $y=123/2-8\text{cm}$ ,  $z=-10\text{cm}$

【図7】

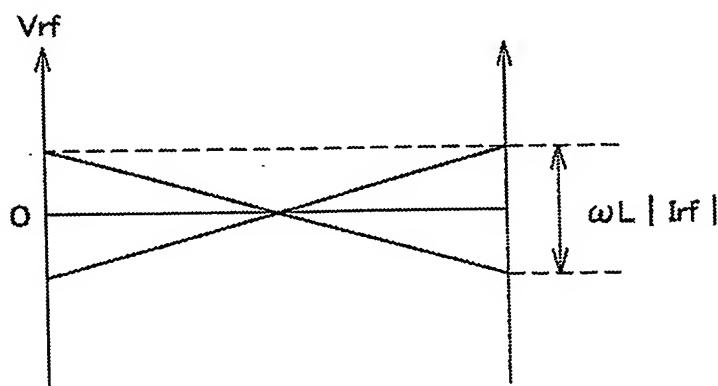


【図8】

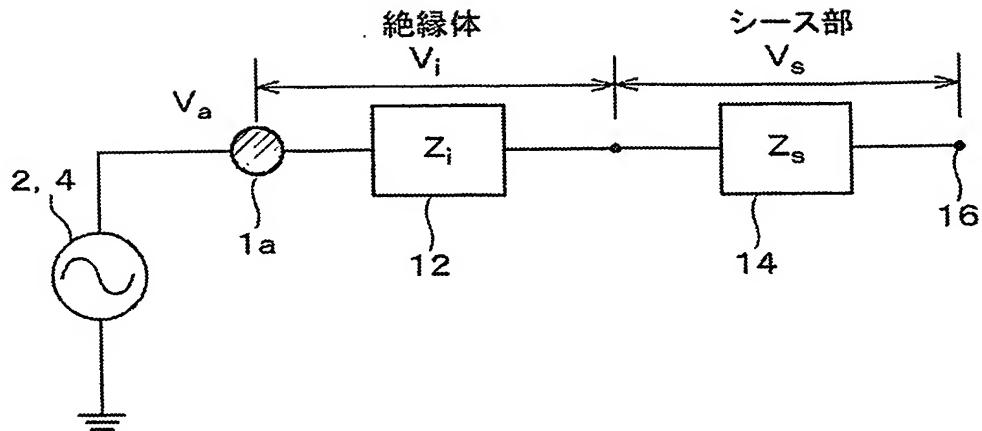
(a)



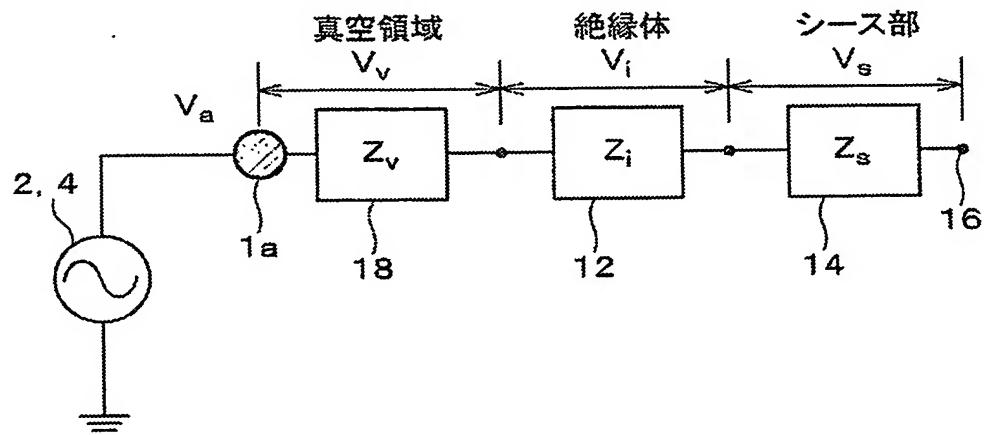
(b)



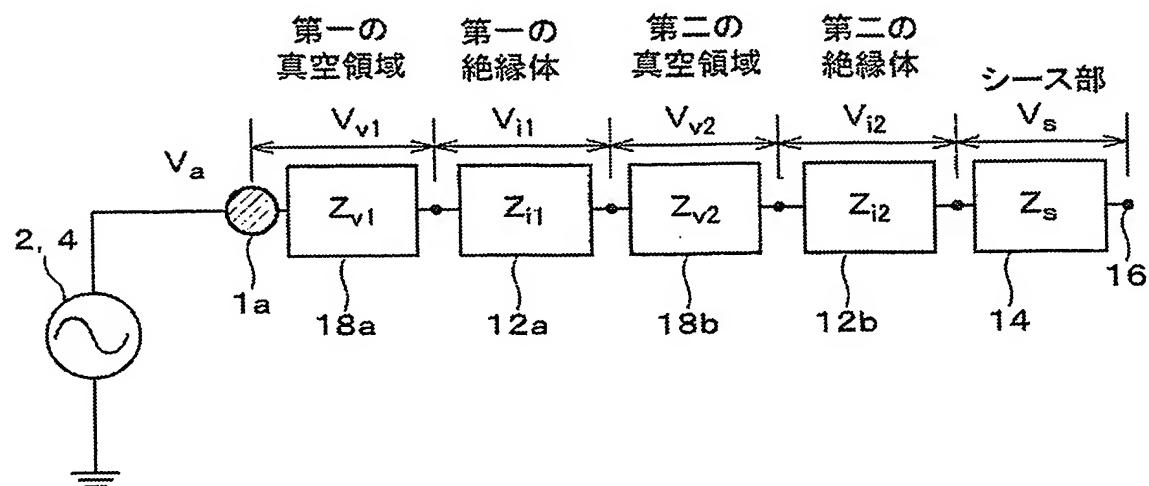
【図 9】



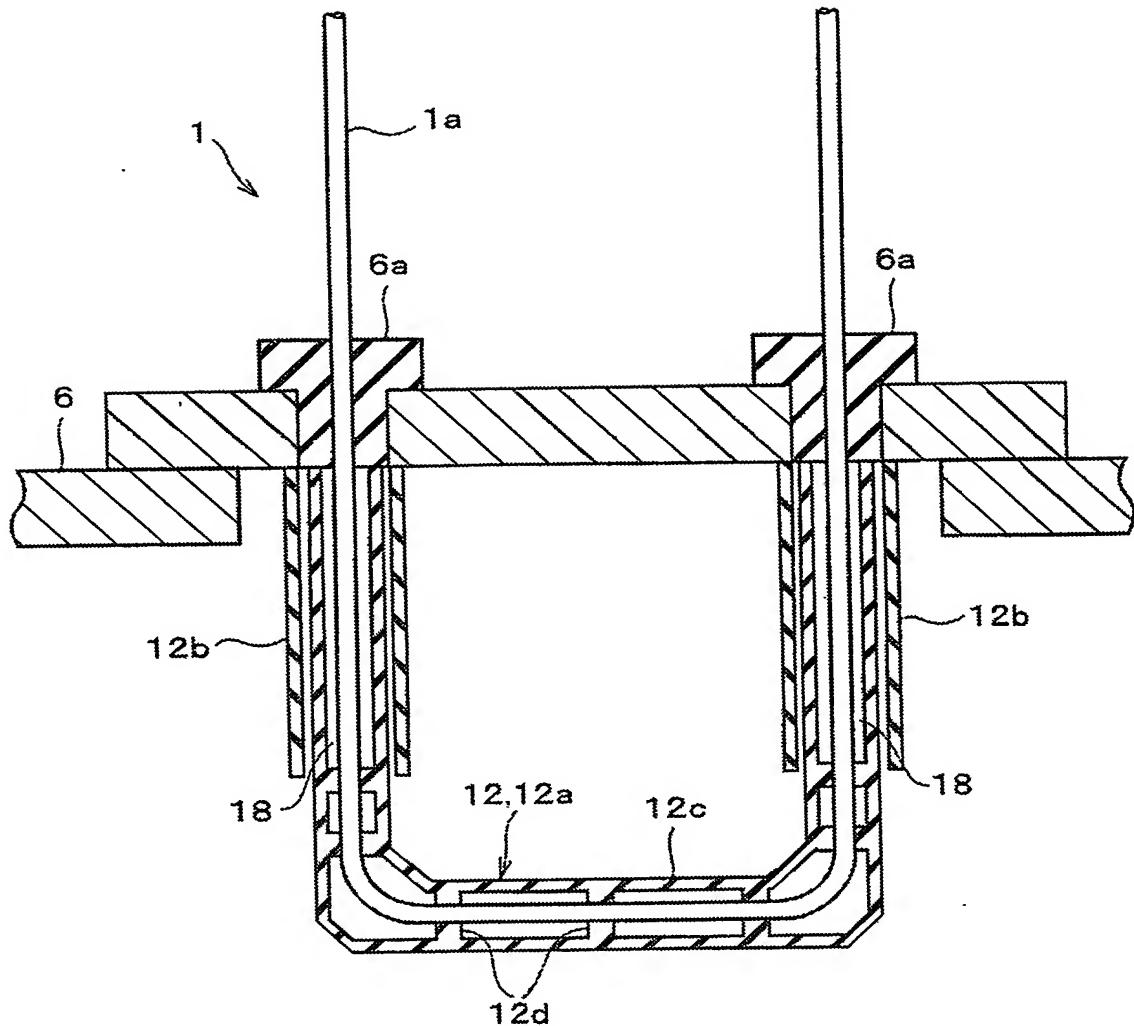
【図 10】



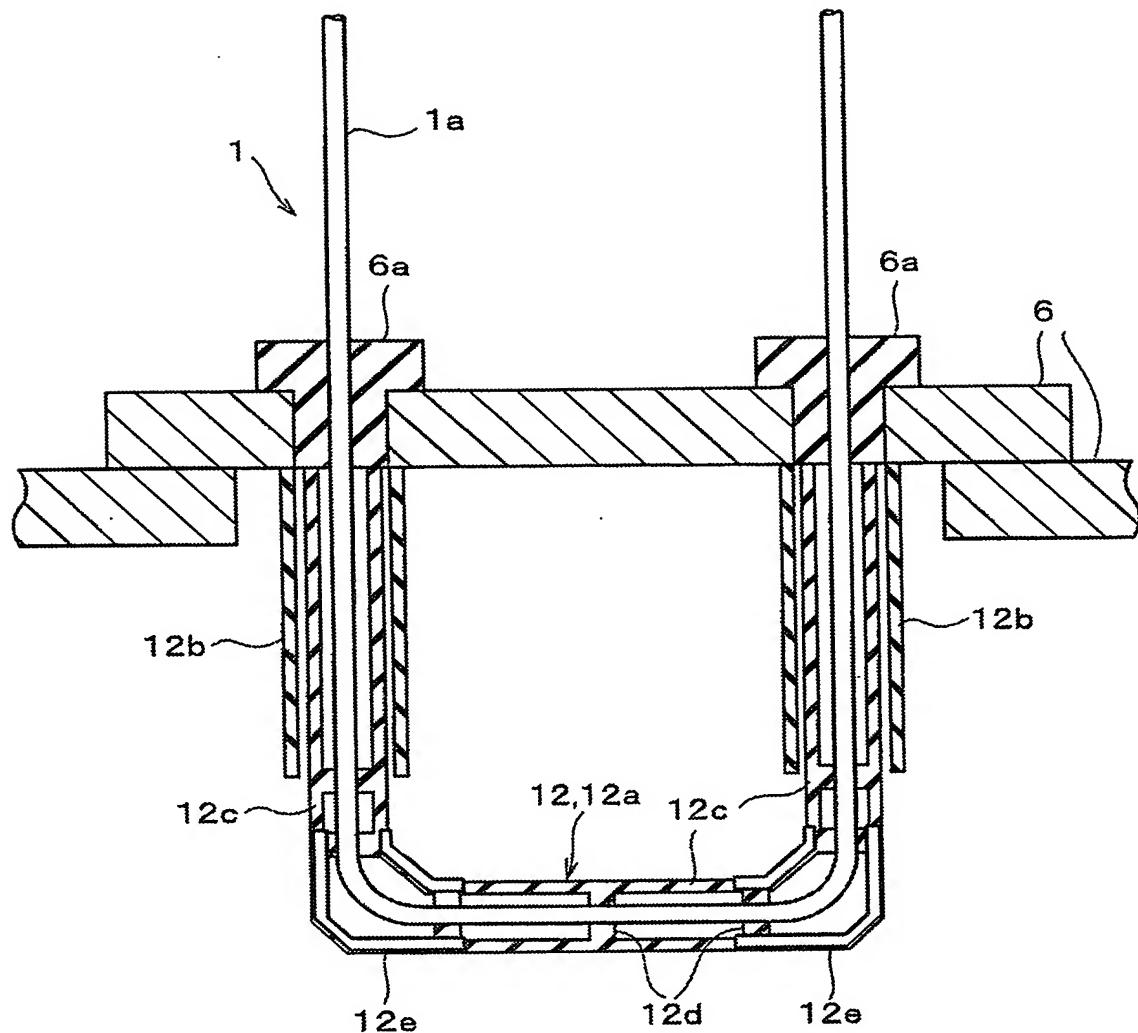
【図 11】



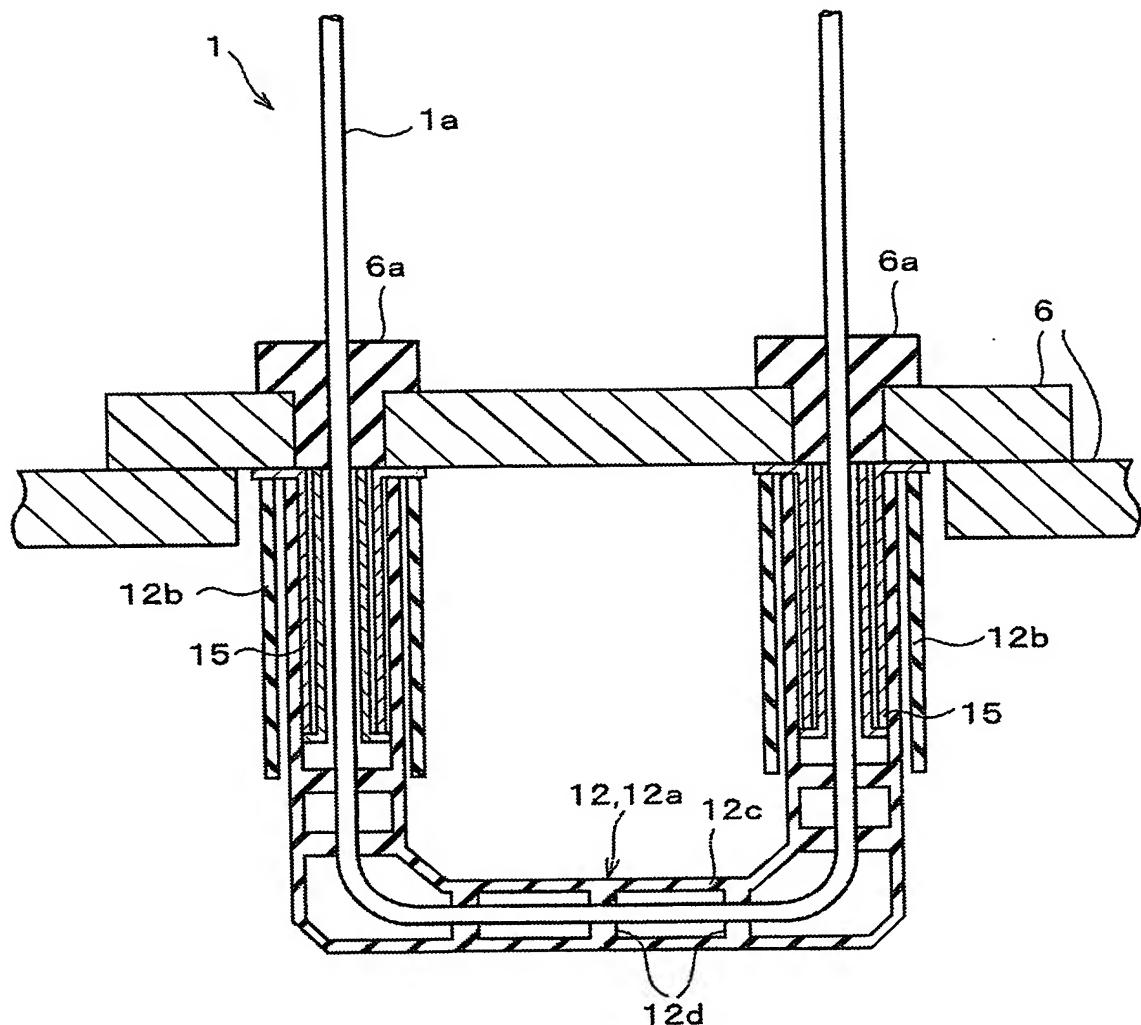
### 【図12】



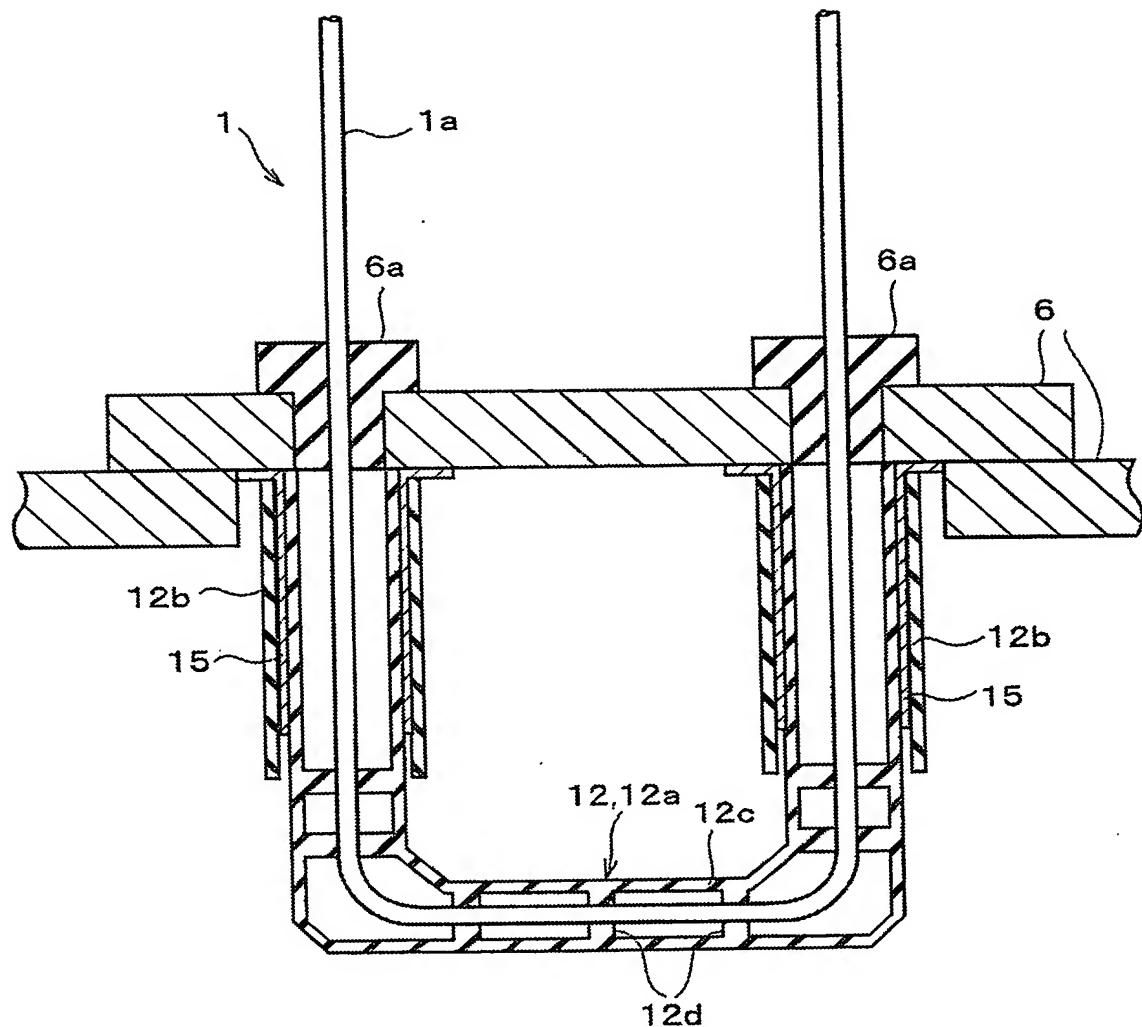
【図13】



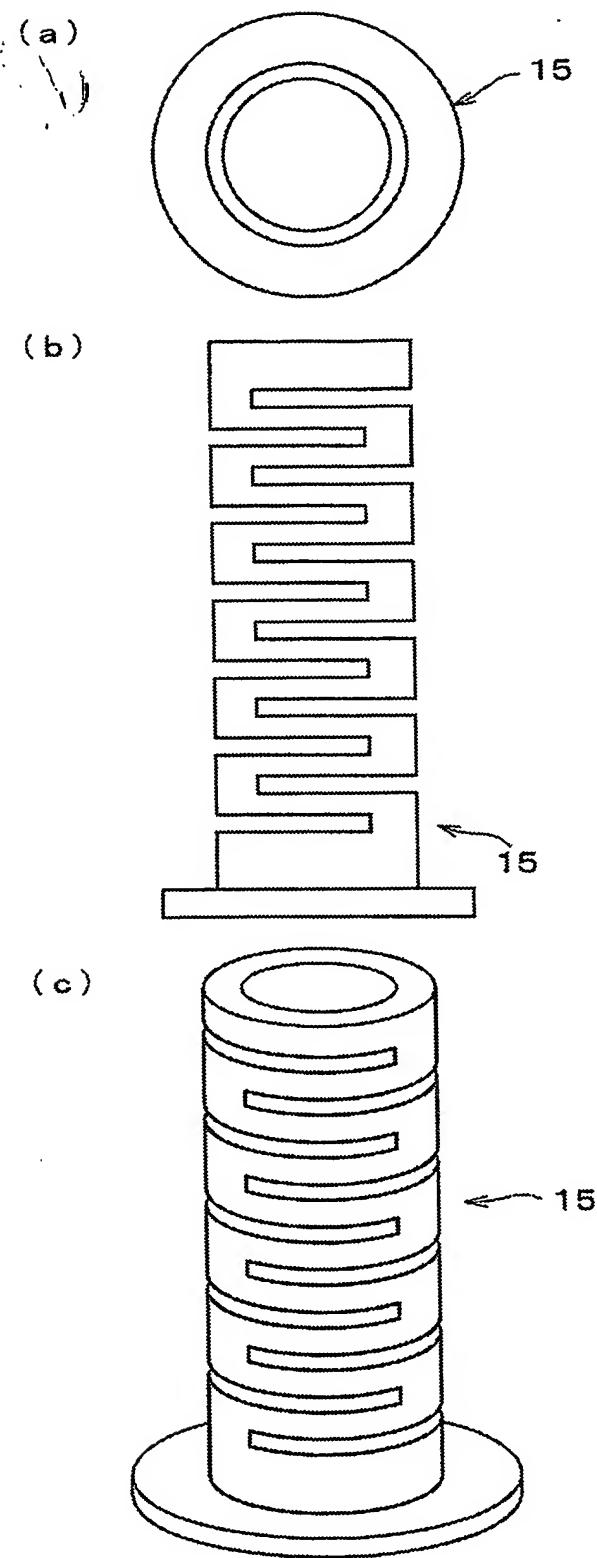
【図14】



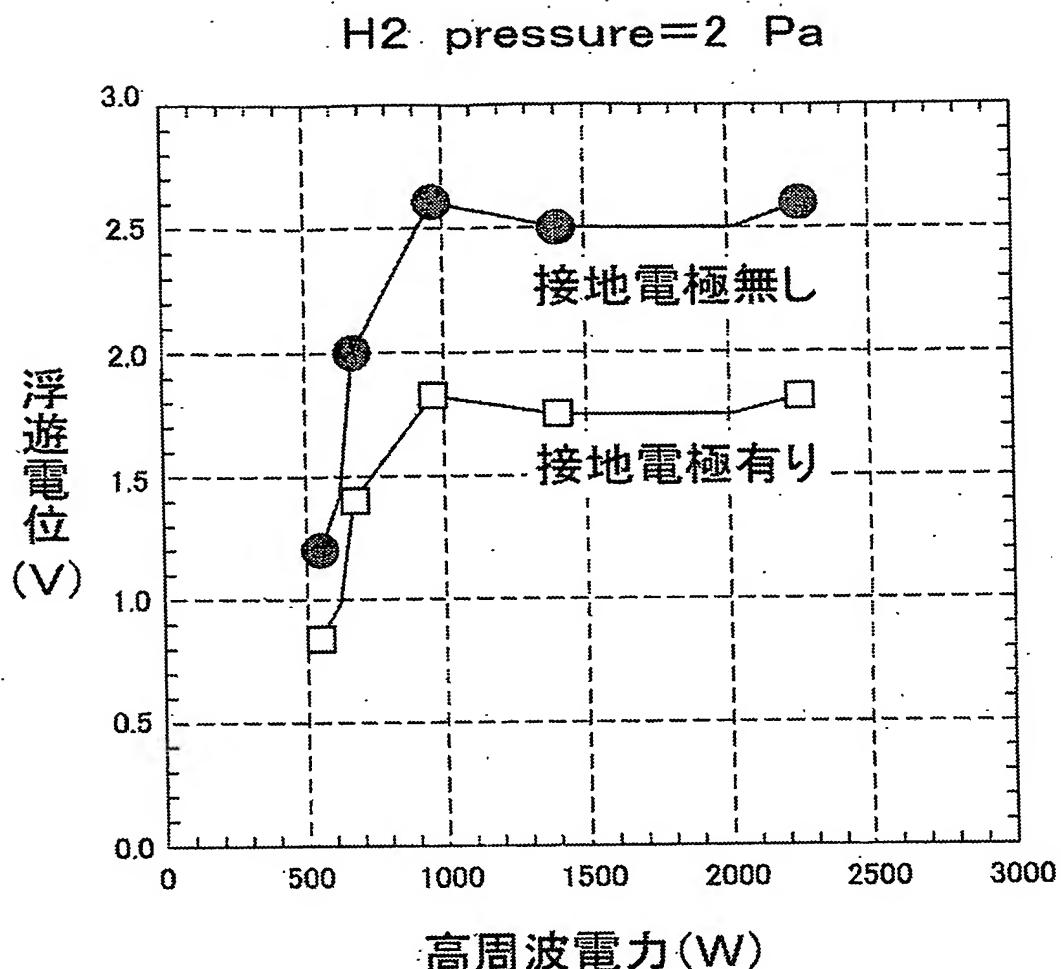
【図15】



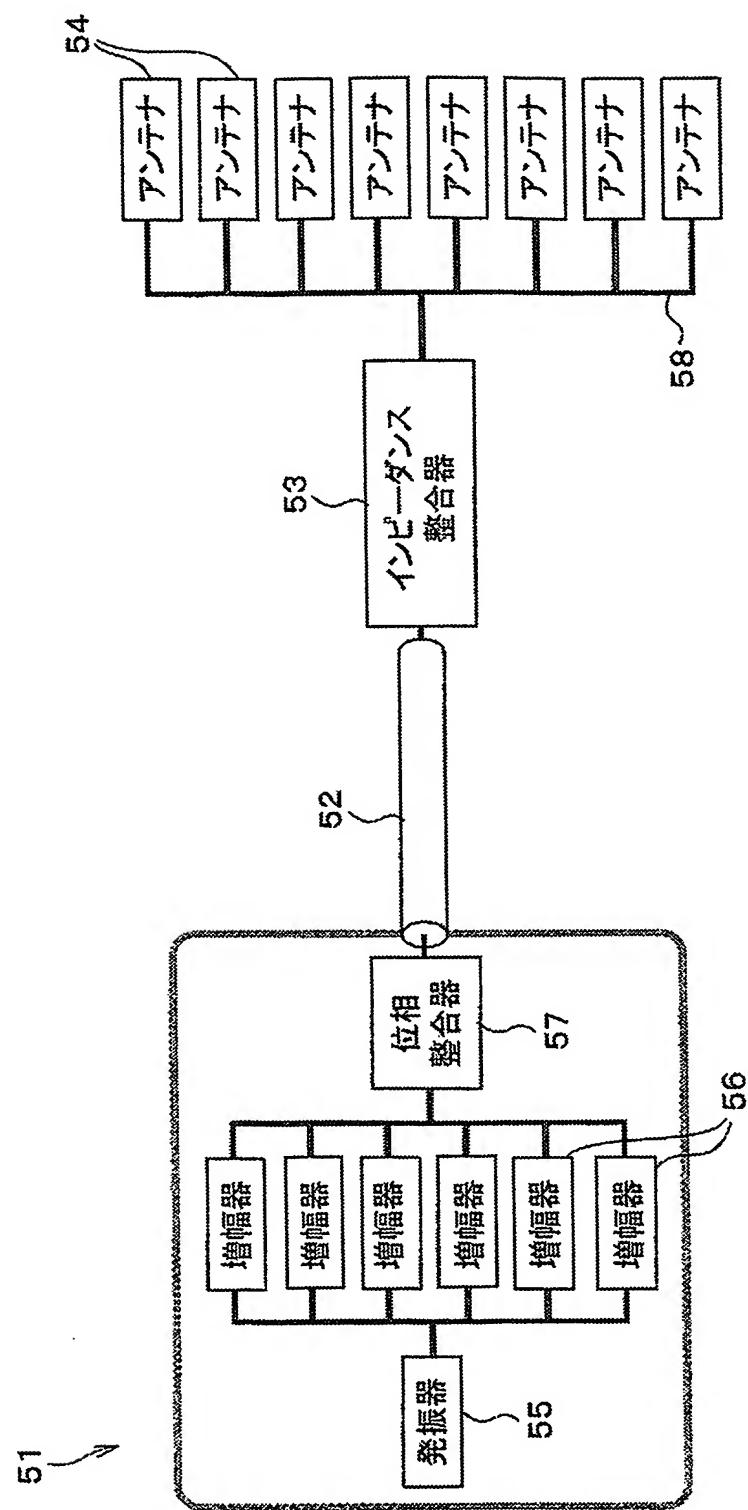
【図16】



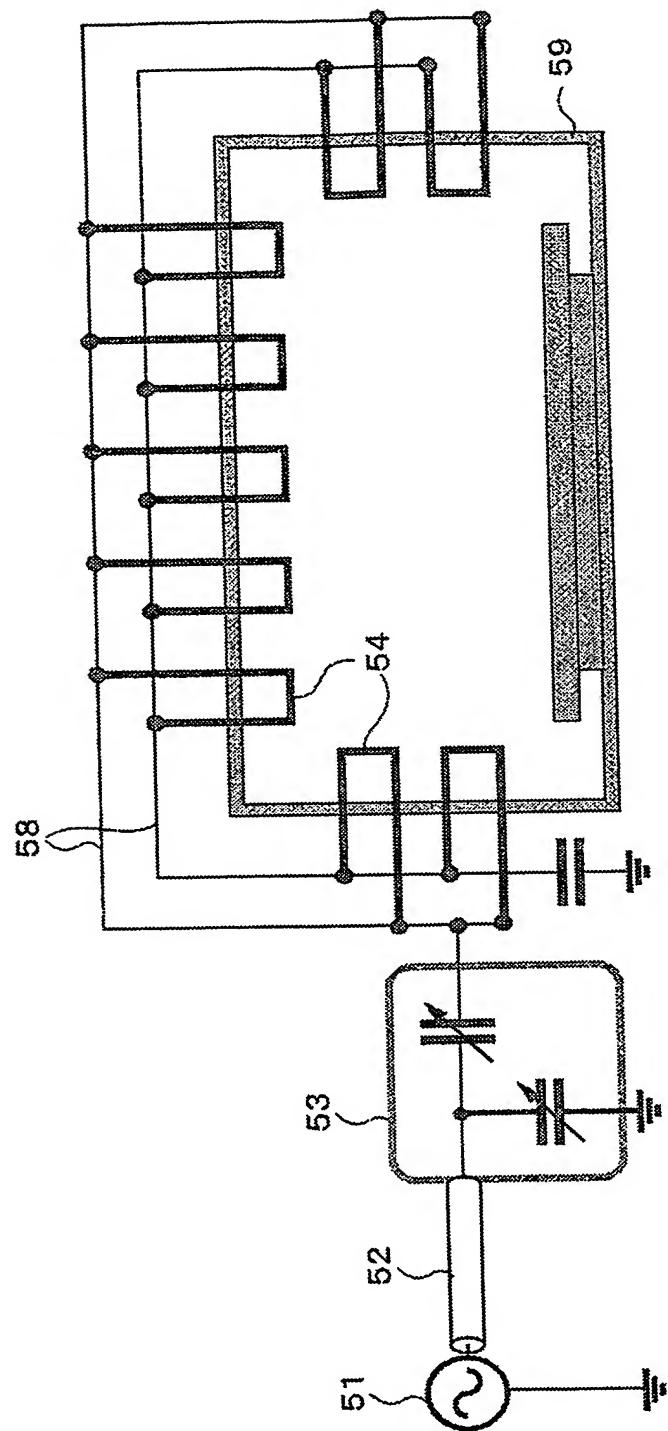
【図17】



【図18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各アンテナにそれぞれ発生する高周波電圧のバラツキを低減できて、  
プラズマ発生部の大口径化あるいは大容積化を図っても、より均一なプラズマを  
発生できて、上記プラズマによる薄膜形成や、プラズマイオン注入を安定化でき  
る、高周波電力供給装置およびそれを用いたプラズマ発生装置を提供する。

【解決手段】 誘導性のアンテナ1を2つ以上設ける。各アンテナ1に対して電  
力を供給するための高周波電源2、4を対応するアンテナ1に近接してそれ  
ぞれ設ける。各アンテナ1が高周波電力の印加によりプラズマを発生するように取り  
付けられた真空容器6を設ける。

【選択図】 図1

【書類名】

出願人名義変更届 (一般承継)

【提出日】

平成15年10月31日

【あて先】

特許庁長官 殿

【事件の表示】

特願2003- 8648

【承継人】

【識別番号】

503360115

【住所又は居所】

埼玉県川口市本町四丁目1番8号

【氏名又は名称】

独立行政法人科学技術振興機構

【代表者】

沖村 憲樹

【連絡先】

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 独立行政法人科学技術振興機構 知的財産戦略室 佐々木吉正 TEL 03-5214-8486 FAX 03-5214-8417

【提出物件の目録】

【物件名】

権利の承継を証明する書面 1

【援用の表示】

平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。

【物件名】

登記簿謄本 1

【援用の表示】

平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。

出願人履歴情報

識別番号

[396020800]

1. 変更年月日

1998年 2月 24日

[変更理由]

名称変更

住 所

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

氏 名

科学技術振興事業団

特願 2003-008648

ページ： 2/E  
PCT/JP2004/000258

出願人履歴情報

識別番号 [503360115]

1. 変更年月日 2003年10月 1日

[変更理由] 新規登録

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
氏名 独立行政法人 科学技術振興機構